

**JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN**

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II  
-Professur für Organischen Landbau-

---

**Auswirkungen unterschiedlicher Sorten und Saatstärken  
auf Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen  
bei weitem Reihenabstand**

Diplomarbeit

**Fachbereich Agrarwissenschaften  
Ökotropologie und Umweltmanagement**

**vorgelegt von  
Alexander Schimmel**

**Giessen  
Mai 2003**

Die Entwicklung und Verbesserung landwirtschaftlicher Systeme mit geringer Betriebsmittelzufuhr von außen ist eine der Bestrebungen zur Vermeidung oder Reduzierung ökologischer Probleme die durch die intensive Landnutzung entstehen können (soel. 1988).

**Inhaltsverzeichnis**

Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen.....	IV-VII
1 Einleitung und Problemstellung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Weizen im Ökologischen Landbau.....	3
2.1.1 Bedeutung.....	3
2.1.2 Anbaubesonderheiten.....	3
2.1.2.1 Wachstumsbedingungen.....	4
2.1.2.2 Sortenwahl.....	5
2.2 Bestandes- und Ertragsaufbau in Abhängigkeit der Anbautechnik.....	6
2.2.2 Einfluss der Standraumzumessung.....	6
2.2.2.1 Einfluss der Saatreihenweite.....	6
2.2.2.2 Einfluss der Saatstärke.....	8
2.2.1 Einfluss der Saatgutqualität.....	11
2.2.3 Ziele des Anbaus von Untersaaten bei weitem Reihenabstand.....	11
2.2.3.1 Konkurrenzwirkungen in Mischbeständen.....	12
3 Material und Methoden.....	14
3.1 Standort.....	14
3.1.1 Witterungsverlauf.....	14
3.2 Versuchsanlage.....	16
3.2.1 Faktor Sorte.....	17
3.2.2 Faktor Aussaatstärke.....	17
3.2.3 Anbaudaten des Winterweizens und der Untersaat.....	18
3.3 Versuchsdurchführung.....	19
3.3.1 Ackerbauliche Maßnahmen.....	19
3.3.2 Datenerfassung im Felde.....	20
3.3.3 Probennahme und –aufbereitung.....	20
3.4 Statistische Auswertungen.....	20

---

4	Ergebnisse.....	23
4.1	Erträge und Qualität des Winterweizens.....	23
4.1.1	Kornertrag.....	23
4.1.2	Strohertrag.....	24
4.1.3	Harvest-Index.....	26
4.1.4	Proteingehalt.....	27
4.2	Ertragsparameter und Ertragsstrukturanalyse.....	29
4.2.1	Tausendkornmasse.....	29
4.2.2	Körner pro Ähre.....	30
4.2.3	Einzelährenertrag.....	30
4.2.4	Bestandesdichte (Ähren pro m <sup>2</sup> ).....	31
4.2.5	Ertragsstrukturanalyse.....	32
4.3	Einfluss veränderter Standraumzumessung auf die Bestandesentwicklung.....	34
4.3.1	Feldaufgang.....	34
4.3.2	Pflanzendichte und Bestockung.....	36
4.3.3	Sprossmassebildung des Weizens.....	37
4.3.4	Pflanzengesundheit.....	39
4.3.5	Vegetatives Wachstum.....	40
4.3.6	Biomassebildung der Untersaat.....	41
5	Diskussion.....	42
5.1	Einfluss unterschiedlicher Aussaatstärken auf Ertrags- und Qualitätsparameter.....	42
5.1.1	Ertragsbildung.....	42
5.1.2	Kornertrag.....	46
5.1.3	Rohproteingehalt.....	47
5.2	Einfluss unterschiedlicher Sorten auf Ertrag und Qualität.....	48
5.3	Schlussfolgerungen.....	52
6	Zusammenfassung.....	53
7	Literaturverzeichnis.....	54

8	Anhang.....	60
---	-------------	----

**Tabellenverzeichnis**

<b>Tab. 1:</b> Versuchsanlage Aussaatstärkeversuch Weite Reihe bei verschiedenen Weizensorten .....	16
<b>Tab. 2:</b> Faktorstufen Sorte .....	17
<b>Tab. 3:</b> Auswahl der in den Versuchen verwendeten Sorten nach morphologischen Kriterien und Ertragseigenschaften der Sortenübersicht (AGÖL) und Beschreibenden Sortenliste (BSL).....	17
<b>Tab. 4:</b> Faktorstufen Aussaatstärke.....	18
<b>Tab. 5:</b> Anbaudaten des Winterweizens und der Untersaat 00/01 .....	18
<b>Tab. 6:</b> Anbaudaten des Winterweizens und der Untersaat 01/02.....	19
<b>Tab. 7:</b> Harvest-Index der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte.....	26
<b>Tab. 8:</b> N-Ertrag (kg/ha) der Untersuchungsjahre 2001/2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte.....	28
<b>Tab. 9:</b> TKM in (g) der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte.....	29
<b>Tab. 10:</b> Anzahl Körner pro Ähre der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte.....	30
<b>Tab. 11:</b> Einzelährenertrag (g) der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte.....	31
<b>Tab. 12:</b> Bestandesdichte des Weizens der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte.....	32
<b>Tab. 13:</b> Korrelationskoeffizienten (r) des Kornertrages 2001 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von Aussaatstärke .....	32
<b>Tab. 14:</b> Korrelationskoeffizienten ( r ) vom Kornertrag 2001 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von der Sorte.....	33
<b>Tab. 15:</b> Korrelationskoeffizienten (r) des Kornertrages 2002 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von Aussaatstärke .....	33
<b>Tab. 16:</b> Korrelationskoeffizienten ( r ) vom Kornertrag 2002 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von der Sorte.....	34

---

<b>Tab. 17:</b> Prozentualer Anteil befallener Blätter und befallener Blattfläche unterschiedlicher Pathogene des Versuchsjahres 2001 in Abhängigkeit von Sorte und Entwicklungsstadium.....	39
--	----

**Abbildungsverzeichnis**

<b>Abb. 1:</b> Vergleich der Lufttemperaturen (Monatsmittel) in den Monaten Oktober 2000-September 2002 (Wetterstation Gladbacherhof) mit langjährigen Mittelwerten 1961-1990 (Klimastation Limburg/Lahn-Offenheim).....	14
<b>Abb. 2:</b> Vergleich der Niederschlagsverteilung (Monatssummen) in den Monaten Oktober 2000-September 2002 (Wetterstation Gladbacherhof) mit langjährigen Mittelwerten 1961-1990 (Klimastation Limburg/Lahn-Offenheim).....	15
<b>Abb. 3:</b> Kornertag 86% TM des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. ....	23
<b>Abb. 4:</b> Kornertag 86% TM des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. ....	24
<b>Abb. 5:</b> Strohertrag dt/ha TM des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. ....	25
<b>Abb. 6:</b> Strohertrag dt/ha TM des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. ....	25
<b>Abb. 7:</b> Rohproteingehalt (%) des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. ....	27
<b>Abb. 8:</b> Rohproteingehalt (%) des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. ....	28
<b>Abb. 9:</b> Feldaufgangsraten in % des Versuchsjahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. ....	34
<b>Abb. 10:</b> Feldaufgangsraten in % des Versuchsjahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. ....	35
<b>Abb. 11:</b> Pflanzen/m <sup>2</sup> und Bestockung in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. ....	36
<b>Abb. 12:</b> Pflanzen/m <sup>2</sup> und Bestockung in Abhängigkeit von der Aussaatstärke und der Sorte. ....	37
<b>Abb. 13:</b> Verlauf der Sprossmassebildung von Winterweizen in Abhängigkeit von der Aussaatstärke des Untersuchungsjahres 2001. ....	38
<b>Abb. 14:</b> Verlauf der Sprossmassebildung von Winterweizen in Abhängigkeit von der Aussaatstärke des Untersuchungsjahres 2002. ....	39



---

<b>Abb. 15:</b> Absolute Bestandeshöhen von Winterweizen in Abhängigkeit von Entwicklungsstadium und Sorte des Versuchsjahres 2001. ....	40
<b>Abb. 16:</b> Trockenmasseertrag der Untersaat des Versuchsjahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. ....	41

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Im ökologischen Landbau hat der Anbau von Winterweizen, besonders die Produktion von Backweizen, eine große Bedeutung und stellt meist eine der wichtigsten Marktfrüchte innerhalb einer Fruchtfolge dar (STOEPLER, 1988).

Steigende Qualitätsanforderungen seitens Mühlen und Bäckereien an ökologisch produzierten Brotweizen (BECKER et al., 2001, RICHTER & DEBRUCK, 2001) bereitet vielen ökologisch wirtschaftenden Landwirten Probleme. Sie können häufig die geforderten Qualitätsstandards aufgrund limitierter Nährstoffbedingungen nicht mit Sicherheit erreichen (BECKER et al., 2001, SOELLINGER & PLAKOLM, 2001). Mitverantwortlich hierfür ist eine nicht ausreichende Stickstoffversorgung über den gesamten Vegetationszeitraum.

Ökologisch wirtschaftende Betriebe sind auf den Anbau von Leguminosen im Haupt- und Zwischenfruchtanbau als Stickstoffquelle zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit angewiesen (HERMANN & PLAKHOLM, 1991).

Viehhaltenden Betrieben kann der Leguminosenanbau zur Futternutzung dienen. Der Anfall von organischen Düngemitteln ermöglicht ein angepasstes Düngemanagement zur Erlangung von Qualitätskriterien in anspruchsvollen Kulturen (RICHTER & DEBRUCK, 1999).

Ackerbaubetriebe ohne Tierhaltung müssen aufgrund fehlender Wirtschaftsdünger andere Kompensationmöglichkeiten finden (RICHTER & DEBRUCK, 2001). Das Anbausystem Weite Reihe mit dem Ziel der zuverlässigen Erzeugung von Qualitätsweizen stellt eine solche Möglichkeit dar. Mit diesem Anbausystem soll den heutigen Anforderungen an die Produktionstechnik und der vermehrten Nachfrage nach qualitativ hochwertigem Backweizen Rechnung getragen werden (BECKER et al., 2001).

Bei diesem Anbausystem erfolgt ein gleichzeitiger Anbau von Weizen und Untersaat, wodurch auf derselben Fläche zeitgleich eine Marktfrucht und eine Vorfrucht erzeugt wird (FRANZMANN, 1997). Ziel des Anbausystems Weite Reihe ist vorrangig die Erhöhung der Backqualität bei Weizen. Von Bedeutung ist zudem eine verbesserte Unkrautbekämpfung, die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit sowie eine Optimierung der Fruchtfolge (Becker et al., 2001).

Untersuchungen in jüngerer Zeit zeigten, dass bei Reihenabständen von mehr als 35 cm ein für den ökologischen Landbau übliches Ertragsniveau erreicht werden kann (ALVERMANN, 1996, HOCHMANN, 1998, SCHUMACHER, 1998, BECKER et al., 2001). Die Qualitätsmerkmale für Backweizen konnten dabei signifikant verbessert werden (STUTE, 1996, JESSEN, 1997, HOCHMANN, 1998; 1999, RICHTER, 1999, BECKER et al., 2001).

Eine Anhebung der Reihenabstände führt unter Beibehaltung der üblichen Saatstärke zu einer stark erhöhten Saatgutablage in der Reihe. Die dadurch erhöhte intraspezifische Konkurrenz um Wachstumsfaktoren (KOCHS 1989) kann zu verringerten Feldaufgängen (TRIEBELS, 1982, KOCHS, 1989), verminderter Zahl von Bestockungstrieben (KRATSCH, 1972, SCHEER, 1983) und verringertem Einzelährengewicht (FURRER & STAUFER, 1970, KRATSCH, 1972, PIORR, 1991) führen. Ziel dieser Untersuchung war, eine geeignete Aussaatstärke zum Anbausystem Weite Reihe mit einem Reihenabstand von 50 cm zu ermitteln.

Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit waren dabei zwei Fragestellungen:

1. Wie wirken sich Veränderungen der Aussaatmenge auf Bestandesentwicklung, Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen bei einer Reihenweite von 50 cm aus?
2. Welchen Einfluss haben unterschiedliche Sorten auf diese Prüfmerkmale?

## **2 Literaturübersicht**

### **2.1 Weizen im Ökologischen Landbau**

#### **2.1.1 Bedeutung und Anspruch**

Bedingt durch seine Anpassungsfähigkeit an unterschiedlichste Boden- und Klimaverhältnisse ist Weizen die wichtigste und gefragteste Kulturart der Landwirtschaft (REINER et al., 1992). Aufgrund großer Nachfrage und hoher Verkaufserlöse ist der Winterweizen in ökologischen Betrieben häufig die wichtigste Marktfruchtkultur innerhalb der Fruchtfolge (STOEPPLER, 1988). Die Gestaltung der Fruchtfolge ist demgemäß am Weizen ausgerichtet. In der Regel wird dem Weizen die beste Stellung innerhalb der Fruchtfolge, z.B. nach Leguminosen wie Klee-Grasgemenge, eingeräumt (Ebert, 1995). Der Weizen stellt darüber hinaus hohe Anforderungen an Struktur und Textur des Bodens und gilt diesem Umstand zufolge als Indikatorpflanze für Fruchtfolgeschäden (HERMANN & PLAKHOLM, 1991).

#### **2.1.2 Anbaubesonderheiten**

Ein bewusster Verzicht auf leicht lösliche Mineraldüngemittel, besonders N-Dünger und chemisch-synthetische Pflanzenschutzmittel (BAEUMER, 1992) führt dazu, dass sich die Wachstumsbedingungen des Winterweizens im ökologischen Landbau stark von denen in der konventionellen Landwirtschaft unterscheiden. Vor allem hinsichtlich der Pflanzenernährung, der Konkurrenz durch Wildpflanzen und des Einflusses von Krankheiten und Schädlingen besteht ein wesentlicher Unterschied (STOEPPLER et al., 1990). Ökologisch wirtschaftende Betriebe sind somit stärker als konventionell wirtschaftende Betriebe an die natürlichen Standortbedingungen gebunden. (STOEPPLER, 1989).

### 2.1.2.1 Wachstumsbedingungen

Besonders die geringe Mineralisationsleistung der Böden im späten Herbst und im zeitigen Frühjahr, bedingt durch niedrige Temperaturen, beeinträchtigt maßgeblich die Bestandesbildung (STÖPPLER, 1988, STÖPPLER et al., 1989). Ausschlaggebend sind hier natürlich auch die individuellen Standortbedingungen, wie spezifische Boden- und Klimaverhältnisse. Hinzu kommt eine größere Empfindlichkeit des Winterweizens gegenüber bodenbürtigen Schädlingen und pilzlichen Schaderregern zu Wachstumsbeginn durch den Verzicht auf Beizung mit chemisch-synthetischen Mitteln (STÖPPLER, et al. 1990). Ungebeiztes Saatgut ist infolgedessen auf optimale Aussaatbedingungen angewiesen um einen ausreichenden Bestand aufzubauen der befriedigende Erträge liefert.

Die Fähigkeit Luftstickstoff zu binden und ihn über Ernte- und Wurzelrückstände dem Boden zuzuführen, lässt den Leguminosen eine besondere Stellung zukommen, was sich gegenüber Nichtleguminosen häufig durch höhere Erträge der Nachfrucht zeigen lässt (HUBER, 1988). Darüber hinaus führt das enge C/N-Verhältnis der Rückstände zu einem zügig verlaufenden mikrobiellen Abbau und damit zu einer schnellen N-Freisetzung (DRESSMANN, 1993). So werden laut SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1989) Rückstände von Leguminosen weit schneller mineralisiert als Getreidestroh, dessen C/N-Verhältnis wesentlich weiter auseinander liegt.

Auf Grund der Stickstoffversorgung aus organischem Material ist der ökologische Landbau auf eine ausreichende Mineralisierung der Nährstoffe im Boden angewiesen. Aus diesen Gründen ist die Stellung des Weizens in der Fruchtfolge von besonderer Bedeutung. Der Winterweizen sollte nach HERMANN & PLAKHOLM (1991) auf stickstoffsammelnde Kulturen wie Körnerleguminosen, Feldfutterbau oder Grünbrache folgen. Diese Kulturen stellen nicht nur einen großen Teil des Stickstoffbedarfs für die Fruchtfolge bereit, sondern besitzen auch eine phytosanitäre und beikrautregulierende Wirkung. So lässt sich nach SIEBENEICHER (1993) das Auftreten von unerwünschten Beikräutern nach Vorfrüchten wie dem mehrjährigen Feldfutterbau stark reduzieren. Auch lässt sich der Befall mit Fußkrankheiten durch diese Anbaupausen erheblich vermindern.

Bei einer Leguminosenvorfrucht kann es aber nach frühzeitigem Herbstumbruch zu einer erheblichen Mineralisation von Stickstoff kommen. Nach HOFFMANN &

RICHTER (1988) beträgt die vorwinterliche N-Aufnahme aufgrund der geringen Zuwachsraten nur ca. 10 kg/ha. Durch Auswaschung kommt es somit unvermeidbar zu Stickstoffverlusten mit allen negativen Begleiterscheinungen (DRESSMANN & KÖPKE, 1991, HEB, 1989). Ein späterer Umbruch und ein damit verzögerter Saattermin können diese Verluste etwas vermindern (STOEPLER et al., 1989).

#### **2.1.2.2 Sortenwahl**

Die Frage nach der geeigneten Sorte lässt sich nur über die standortspezifischen Wachstumsbedingungen und die eigene Erwartungshaltung beantworten. Nach STÖPPLER (1988) sollten mittel- und langstrohige Sorten bevorzugt werden, da ihre unkrautunterdrückende Wirkung besonders für den ökologischen Landbau von Vorteil ist. Sie besitzen ein besser ausgebildetes Wurzelwerk, was mit einem höheren Nährstoffaneignungsvermögen einhergeht und sich auch in einer geringeren Anfälligkeit gegenüber Krankheiten zeigt (STOEPLER, 1989, HERMANN & PLAKHOLM, 1991).

Durch die Sortenversuche der letzten Jahre konnte gezeigt werden, dass die modernen Hochzuchtsorten den alten regionalen Sorten und Typen ertraglich überlegen sind. Deshalb greifen nach STÖPPLER (1988) auch Ökolandwirte meist zu den modernen Sorten die durch gezielte Zucht, z.B. auf Resistenzen gegen Getreidekrankheiten oder verbesserte Qualitätseigenschaften, die Voraussetzung für höhere Erträge schaffen (STOEPLER 1989, HERMANN & PLAKHOLM, 1991). Es sollten Sorte bevorzugt werden die ihren Ertrag über die Kornzahl pro Ähre und das TKM aufbauen. Diese Ährentypen nutzen den verfügbaren Stickstoff vorrangig zum Aufbau der Ährenanlage und weniger für die Bestockungstriebe (HERMANN & PLAKHOLM, 1991).

Allgemein sollten Sorten gewählt werden die eine hohe Krankheitsresistenz bzw. Toleranz, eine gute Unkrautunterdrückung und ein gutes Nährstoffaneignungsvermögen aufweisen (HERMANN & PLAKHOLM, 1991).

## **2.2 Bestandes- und Ertragsaufbau in Abhängigkeit der Anbautechnik**

Nach BAEUMER (1971) beeinflussen sich Nachbarpflanzen eines Bestandes gegenseitig in ihrem Wachstum. Durch die Aufnahme von Wasser- und Nährstoffen, die Absorption und Reflexion von Licht und anderen Einflüssen verändert jede einzelne Pflanze ihre Umwelt (AUFHAMMER, 1999).

Über anbautechnische Maßnahmen lässt sich in diesen Konkurrenzprozess schon bei der Saat eingreifen. Neben der richtigen Stellung in der Fruchtfolge (HERMANN & PLAKHOLM, 1991) sind die Qualität des verwendeten Saatgutes und die Standraumzuteilung, in Form von Reihenweite und Aussaatstärke (GEISLER, 1983), entscheidende Faktoren für den Bestandes- und Ertragsaufbau.

### **2.2.1 Einfluss der Standraumzumessung**

Über die Faktoren Reihenweite und die Saatstärke lässt sich der Abstand der Einzelpflanzen untereinander regulieren. So stellt die Variation der Standraumzumessung eine Veränderung des zumeßbaren Raumes der Einzelpflanze dar, woraus sich eine Erhöhung oder Verringerung der zur Verfügung stehenden Wachstumsfaktoren ergibt (SCHLICHTING, 1980). Laut TRIEBEL (1982) bestimmt die Reihenweite die Standraumgeometrie und die Saatstärke die absolute Größe des Einzelpflanzenstandraumes. Nach DORNBUSCH (1989) haben die beiden Faktoren Drillweite und Saatstärke einen erheblichen Einfluss auf den Ertrag von Weizen.

#### **2.2.1.1 Einfluss der Saatreihenweite**

Im Getreideanbau wird in der Regel die Drillsaat als Standardsaatverfahren angewendet (GEISLER, 1983), welche durch konstante Reihenabstände von ca. 10 cm aber auch durch ungleichmäßige Standraumzuteilung gekennzeichnet ist. Angestrebt wird eine gleichmäßige Verteilung der Einzelpflanzen im Raum, die im Idealfall im Hexagonalverband d.h. mit gleichem Abstand zum jeweils nächsten Nachbarn stehen (BAEUMER, 1992). Im Organischen Landbau werden teilweise aufgrund der eingesetzten

Pflegetechnik, z.B. Hacke, weitere Reihenabstände realisiert (CENSKOWSKY, 1989). Zur Frage des Einflusses des Reihenabstands auf den Ertrag errechneten MUELLE & HEEGE (1981) und HAKANNSON (1984) unter konventionellen Bedingungen einen relativen Ertragsanstieg von 0,4-0,7 % pro cm verringertem Reihenabstand für den Bereich 10-20 cm Reihenabstand. Insbesondere auf guten Standorten mit hohem Ertragspotential konnten KRATZSCH (1972) und HEEGE (1978) regelmäßig durch Verringerung der Reihenweite und Beibehaltung der Saatstärke höhere Erträge erzielen.

Als unterste Grenze wird eine Reihenweite von 10 cm angesehen (GEISLER, 1983), da sich eine Verengung des Drillreihenabstands nicht mehr eindeutig auf den Ertrag auswirkt (KRATZSCH, 1972). HAKANSON (1986) spricht dabei von einem „kritischen Reihenabstand“, den zu unterschreiten keinen sicheren Nutzen mehr bringt.

Ausschlaggebend für diese Ertragssteigerungen waren nach KRATZSCH (1972) und MUELLE & HEEGE (1981) die höheren Bestandesdichten bei nahezu gleich bleibendem Einzelährenertrag (HEUSER 1954). Auch bei KRATZSCH (1972) und FURRER (1965) konnte durch die Verringerung der Reihenweite eine höhere Bestandesdichte erreicht werden, welches aber kaum Auswirkungen auf die Kornzahl pro Ähre und das TKM hatte. Ein geringerer Reihenabstand bewirkt einen schnelleren Bestandesschluss und somit eine intensivere Unterdrückung der Beikräuter (RADEMACHER, 1939). Über die Frage, wie sich die bei ungünstigen Wachstumsbedingungen, z.B. Wasserknappheit die Reihenweiten auf den Ertrag auswirken herrschen unterschiedliche Auffassungen. HEUSER & WESTPHAL (1936), FURRER (1965) und BACHTHALER (1971) beobachteten bei engen Reihenweiten einen früheren Bestandesschluss, was eine Wassereinsparung zur Folge hatte. Besonders in Trockenjahren zeigte HEUSER (1954) eine Ertragsüberlegenheit eng gedrillter Getreidebestände. Von einer gegenteiligen Annahme geht BAEUMER (1992) aus, wonach eine gleichmäßigere Standraumzuteilung, d.h. engere Reihenweiten, zu einer schnelleren Erschöpfung der Bodenwasservorräte führt.

Von unterschiedlicher Auffassung ist man auch im Hinblick auf die Wahl der Reihenweite hinsichtlich des Nährstoffangebotes im Boden. Bei ungünstigen Bedingungen vertreten AUFHAMMER & FISCHBECK (1973) sowie SATTLER & WISTINGHAUSEN (1985) die Meinung, dass eher enge Reihenabstände bevorzugt werden sollten, die nach KRATZSCH (1972) eine vollkommeneren Ausnutzung der im ober- und unterirdischen Wuchsraum gebotenen Nährstoffe und Wachstumsbedingungen zur Fol-



ge haben. Unter diesen Bedingungen erachtet es BAEUMER (1992) als vorteilhafter unter Beibehaltung der Saatstärke weite Reihenabstände zu wählen, damit sich die Pflanzen zunächst durch Lichtkonkurrenz gegenseitig in ihrem vegetativen Wachstum begrenzen um dann in der Kornfüllungsphase die noch nicht völlig aufgezehrten Nährstoffe nutzen zu können.

Untersuchungen in jüngerer Zeit konnten zeigen, dass Reihenabstände von 35 cm oder mehr ein Ertragsniveau erreichen können, welches für den ökologischen Landbau üblich ist (ALVERMANN, 1996, HOCHMANN, 1998, SCHUMACHER, 1998, RICHTER & DEBRUCK, 1999, BECKER et al., 2001). Es können sich aber auch Ertragsrückgänge gegenüber herkömmlichem Anbau von bis zu 13% einstellen (SOELLINGER & PLAKOLM, 2001).

HARPER (1946) stellte bei einer Erweiterung der Reihenabstände von 18 cm auf 36 cm und einer Halbierung der Saatstärke, einen Ertragsrückgang von 10% bei Wintergerste und 1,5 bzw. 1,8 % bei Winterweizen und Hafer fest. Der annähernde Ertragsausgleich in der weiten Reihe wurde in diesem Falle über eine höhere Einkörnung realisiert. Entsprechendes berichten RICHTER & DEBRUCK (2001), wonach ein Ertragsausgleich über erhöhte Bestockungsraten und erhöhte Einkörnung erreicht werden kann.

#### **2.2.1.2 Einfluss der Saatstärke**

Alle Standortfaktoren und anbautechnische Maßnahmen, die auf die Bestandesdichte Einfluss nehmen, müssen mit der Ertragstruktur der angebauten Sorte, sowie der gewählten Saatstärke abgestimmt werden (GEISLER, 1983). Die anzustrebende Bestandesdichte kann über die Saatmenge (Keimpflanzenzahl/m<sup>2</sup>) oder über die Anzahl ährentragende Halme/Pflanze erreicht werden (VOLLMER, 1986). Aus der Saatstärke ergibt sich die Bestandesdichte, welche sich aus der Anzahl Pflanzen/Fläche und den fruchtstandstragenden Halmen/Pflanze zusammensetzt. Sie wird daher als Ährentragende Halme/Fläche definiert (GEISLER, 1983). Über die Saatstärke wird die Standortzuteilung der Einzelpflanze und somit auch die intraspezifische Konkurrenz im Bestand festgelegt.

Im Verlauf des Wachstums entsteht zwischen den Einzelpflanzen eine Konkurrenz um Wachstumsfaktoren (KOCHS, 1989). Die Intensität der Konkurrenz und der gegenseitigen Beeinflussungen beginnt umso früher und steigt umso rascher an, je größer die Pflanzenzahl/Flächeneinheit und je knapper das Angebot eines oder mehrerer Wachstumsfaktoren ist (AUFHAMMER, 1999). Die daraus resultierenden Effekte wirken sich auf die Einzelpflanze sowie den Gesamtbestand aus. Bei einer Erhöhung der Saatkichte kommt es zwar zu einem Anstieg der Keimdichte (FURRER, 1965, TRIEBEL, 1982, PIORR, 1991), da es aber bereits während der Keimung zu einer gegenseitigen Beeinflussung kommt führt dies zu einer Abnahme des Feldaufgangs (TRIEBEL, 1982, KOCHS, 1989). So bestimmen nach SCHENKE (1993) neben der Saatstärke auch die Rahmenbedingungen (Wasser- und Nährstoffangebot, Witterung und Saatgutgesundheit) die Ausprägungen und Folgen der intraspezifischen Konkurrenz bei zunehmender Keimlingsdichte. Angesichts eines geringeren Stickstoffangebotes, bedingt durch den Verzicht auf leicht lösliche N-Düngemittel, werden im Ökologischen Landbau allgemein geringere Bestandesdichten angestrebt (STOEPLER, 1989).

Bei verringerten Saatsmengen berichten MUELLE & HEEGE (1981), stützend auf die Ergebnisse der Saatstärkenversuche von BENGTTSSON und OHLSSON (1966), von höheren Feldaufgängen, bedingt durch verminderte intraspezifische Konkurrenz zwischen den Getreidepflanzen d.h. durch die verbesserte Pflanzenverteilung. Entsprechend verhält es sich mit der Anzahl der Bestockungstriebe die mit steigender Aussaatmenge in der Regel deutlich abnahm (FURRER, 1965, KRATSCH, 1972, SCHEER, 1983); vergleichbares gilt für die Ährendichte. Mit zunehmender Saatstärke verringert sich die Anzahl der Ähren pro Pflanze (FURRER & STAUFER, 1970, TRIEBEL, 1982) und dennoch kann die Bestandesdichte steigen (FURRER & STAUFER, 1970, SCHEER, 1983), wobei die Einzelpflanze eine kleinere Blattfläche ausbildet, während der Blattflächenindex zunimmt (DORNBUSCH, 1989).

Mit zunehmender Bestandesdichte kommt es zu einer Verringerung des Einzelährengewichts, was auf eine verringerte TKM (BACHTHALER, 1971) oder eine verminderte Einkörnung (DEBRUCK, 1972, SCHEER, 1983) zurückzuführen ist. FURRER & STAUFER (1970), KRATSCH (1972) und PIORR (1991) gehen davon aus, dass es auf ein Zusammenspiel der beiden Einzelährenkomponenten, TKM und Einkörnung, zurückgeht. Die Regulierung des Pflanzenbestandes über die Bestandesdichte, mit dem Ziel den Flächenertrag zu optimieren (GEISLER, 1988) beschreibt als Funktion der

Saatstärke eine Optimumskurve (WOLLNY, 1885). Nach FISCHBECK et al. (1982) ist die optimale Bestandesdichte erst dann erreicht, wenn der Ertragszuwachs durch die steigende Pflanzendichte den sinkenden Einzelpflanzenenertrag gerade noch ausgleichen kann. Über einen bestimmten Bereich von Bestandesdichten kann dieser Höchstertrag in etwa konstant bleiben. BAEUMER (1964) bezeichnet diesen als „Kompensationsbereich“, wobei dessen Ausdehnung sich nach den jeweils vorherrschenden Standortbedingungen richtet. Wertbestimmende Pflanzenteile bei der Futterpflanzenerzeugung sind die vegetativen Pflanzenorgane, deren Höchstertrag sich über einen großen Kompensationsbereich wenig verändert (DONALD, 1951, BAEUMER, 1992).

Im Gegensatz hierzu führt eine Erhöhung der Bestandesdichte bei Getreide, mit den generativen Pflanzenorganen als wertbestimmende Pflanzenteile, über den Optimumsbereich hinaus zu einer schnellen Reduktion des Höchstertrages durch Verminderung der TKM und der Einkörnung (SCHOENBERGER, 1988). Der Ertrag wird umso mehr durch intraspezifische Konkurrenz beeinflusst, je kleiner der Kompensationsbereich und je geringer die Bestandesdichte beim Erreichen dieses Bereiches ist (BAEUMER, 1964). Dies bedeutet aber auch, dass eine Änderung der Saatstärke über einen bestimmten Bereich zu gleichen Erträgen führen kann. So beobachteten FURRER (1965) und auch DOVER (1990) in ihren Versuchen keine signifikanten Ertragsunterschiede bei Winterweizen im Saatstärkenbereich von 300 bis 450 Körnern/m<sup>2</sup>. Von gleich bleibenden Erträgen bei einer Reihenerweiterung auf 37,5 cm und gleichzeitiger Beibehaltung der Saatstärke in der Reihe berichtet RICHTER (1999).

Aufgrund dieses Kompensationspotentials von Getreide über die Ertragskomponenten prägte HEUSER (1928) die Begriffe „unterer – und oberer Schwellenwert“. Im diesem Bereich wird eine Veränderung der Bestandesdichte über eine gegenläufige Entwicklung des Einzelährengewichtes völlig ausgeglichen, wobei in den Grenzbereichen mit einer größeren Ertragsunsicherheit gerechnet werden muss (BOGUSLAWSKI & DEBRUCK, 1972). Nach BAEUMER (1971) ist somit der Gesamtflächenertrag über einen weiten Bereich von der Keimdichte unabhängig, während die verschärfte Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser bei steigender Pflanzendichte zu vermindertem Einzelpflanzenwachstum führt (WOLLNY, 1885, BOGUSLAWSKI & DEBRUCK, 1972, FISCHBECK et al., 1982, SCHEER, 1983).

### **2.2.2 Einfluss der Saatgutqualität**

BAEUMER (1971) betrachtet die Saatgutqualität als den wirksamsten Hebel zur Ertragssteigerung und unterscheidet dabei zwischen genetischer Qualität und Korngrößensortierung. Entscheidend für einen konkurrenzstarken Bestand ist die Verwendung großkörnigen Saatgutes (PIORR, 1990), welches einen deutlich erhöhten Feldaufgang gegenüber üblicher Korngrößenvarianz aufweist (PIORR, 1990, DORNBUSCH, 1989). Ursachen sind darin zu sehen, dass kleinere Saatgutkörner öfter mit den saatgutübertragbaren Pathogenen, *Fusarium* spp. und *Septoria nodorum* befallen sind (PIORR, 1990, POPSEL, 1990). GUEST et al. (1990) bemerkten in ihren Versuchen einen Feldaufgang von weniger als 30 % bei Saatgutchargen die stärker mit diesen Auflaufkrankheiten befallen waren. So wurden auch größere Triebkraft (MEER, 1989), dichtere Bestände (PIORR, 1991) und eine höhere Vitalität der Pflanzen aus Körnern mit höherer TKM beobachtet (FISCHBECK et al., 1982). Da auf chemische Beizungen im Organischen Landbau verzichtet wird kommt der Auswahl großkörnigem und somit gesünderem Saatgut eine besondere Bedeutung zu.

### **2.2.3 Ziele des Anbaus von Untersaaten bei weitem Reihenabstand**

Mit der Ausbringung einer Untersaat erfolgt der Aufbau einer Mischkultur. Nach AUFHAMMER (1999) verfolgt der Anbau von Mischbeständen mehrere verschiedene Ziele, die im Vergleich zu Reinbeständen auch durch umwelt- und ressourcenschonende Auswirkungen gekennzeichnet sind. Effekte und Eigenschaften von Mischbeständen sind unter anderem die bessere Unkrautunterdrückung durch direkte Konkurrenzeffekte (HERMANN & PLAKHOLM, 1991, HEYLAND & MERKELBACH, 1991), aber auch Erhaltung einer begrenzten Unkrautpopulation als Nahrungsgrundlage für Nützlinge (AUFHAMMER, 1999). Bedingt durch die Beschattung einer geschlossenen Pflanzendecke (v. KESSEL, 1983), Bodenaggregation durch Regenwurmaktivität (AUFHAMMER 1999) und verbesserte Aggregat- und Strukturstabilität infolge intensiverer Durchwurzelung (BUCHNER & KOELLER, 1984) wird die Gefahr von Oberflächenverschlammung, -verdichtung und Bodenerosion, -ablagerung besonders bei weiten Reihenabständen vermindert. Es besteht eine geringere Schädlings- und Krank-

heitsanfälligkeit aufgrund einer kleineren Anzahl von Wirts- bzw. anfälliger Pflanzen/m<sup>2</sup>. Die Veränderung von Bestandesstruktur und -klima führen somit zu Barrieren- und Schutzeffekten (AUFHAMMER, 1999). Mit der Luft-N-Bindung von Leguminosen als Mischungspartner besteht auch zusätzlich die Möglichkeit eines N-Transfers zu anderen Mischungskomponenten (AUFHAMMER, 1999). So konnten KUNELIUS et al. (1992) einen N-Transfer zwischen einer Rotklee-Untersaat und der Deckfrucht Gerste feststellen und auch BURITY et al. (1989) machten diese Erfahrung bei einem Gras-Luzerne-Gemenge. Bei SCHULZ-MARQUARDT et al. (1995) dienten in einem Streifenanbau von Sommerweizen und Futterleguminosen die Leguminosen als Mulchmaterial für den Sommerweizen und realisierten somit einen N-Transfer über Mineralisierung der Mulchgabe. Dadurch leisten die Untersaaten einen indirekten bzw. direkten Beitrag zur Nährstoffversorgung der Mischungspartner.

Über die Untersaat wird dem Boden auch zusätzlich organische Substanz zugeführt, die besonders spezialisierten Ackerbaubetrieben eine ausgeglichene Humusbilanz sichert (BOGUSLAWSKI & DEBRUCK, 1972).

### **2.2.3.1 Konkurrenzwirkung in Mischbeständen**

In Artengemischten Beständen entstehen sowohl zwischen den Individuen der gleichen Art als auch zwischen den Individuen verschiedener Arten Beziehungen, die von der relativen Konkurrenzfähigkeit der Individuen geprägt sind (AUFHAMMER, 1999). Die Auswirkungen wechselseitiger Konkurrenzeffekte bestimmen die Entwicklung der einzelnen Arten im Bestand und die Entwicklung des Mischbestandes insgesamt. In Mischbeständen herrschen Bedingungen, die sich gegenüber Reinbeständen, in vielfacher Hinsicht unterscheiden können.

Nach AUFHAMMER (1999):

- Beschattung und damit Entzug von Licht
- Wind-, Luft- und Temperaturverhältnisse
- Entzug oder die Zufuhr von Nährstoffen
- Bildung von toxischen oder fördernden Substanzen
- Abwehr oder Akkumulation von Schaderregern, Nutzorganismen

Die Auswirkungen von Untersaaten auf die Deckfrucht können sehr unterschiedlich sein. So berichten KUNELIUS et al. (1992) von Ertragseinbußen in Höhe von 10 % infolge einer Rotkleeuntersaat in Gerste, wohin gegen MERKELBACH (1990) in seinen Versuchen mit Klee- und Grasuntersaaten in Weizen höhere Erträge erzielen konnte. Entscheidend für die erfolgreiche Etablierung einer Untersaat sind deren Untersaatverträglichkeit und die Deckfruchteignung der Hauptfrucht LUETKE ENTRUP (1986). Geeignet als Deckfrüchte sind alle Getreidearten (GEISLER, 1988, RENIUS et al., 1992). Die Untersaaten müssen die Konkurrenz der Deckfrucht um Wachstumsfaktoren ertragen können. WERNER (1986) kam durch seine Versuche mit Klee gras-Untersaat in Mais zu der Erkenntnis, dass bei einer ausreichenden Versorgung mit Wasser und Nährstoffen keine nachteiligen Wirkungen von einer Untersaat ausgehen. Die unterschiedlichen Wirkungen, wie der Befallsverlauf und Schadensrisiko eines Schaderregers oder die Vermehrungsraten und Schadensrisiko von Schädlingen, sind stark vom Witterungsverlauf abhängig (AUFHAMMER, 1999).

### 3. Material und Methoden

#### 3.1. Standort

Die Hessische Staatsdomäne Gladbacher Hof, Lehr- und Versuchsbetrieb für Ökologischen Landbau der Justus-Liebig-Universität Giessen, diente als Versuchsstandort. Der Betrieb liegt 140 bis 240 m ü. NN in Villmar, in der Nähe von Weilburg, Kreis Limburg-Weilburg. Pfaffengraben 4, Versuchsfläche des Jahres 00/01 liegt 190 m ü. NN, der Bodentyp ist eine Parabraunerde und die Bodenart ist stark lehmiger Schluff mit der Ackerzahl 74. Der Grundwasserstand hat keine negativen Auswirkungen auf die Versuchsfläche. Versuchsfläche des Jahres 01/02 war Pfaffengraben 3, welche die gleichen Standortfaktoren wie die Versuchsfläche Pfaffengraben 4 aufweist.

##### 3.1.1 Witterungsverlauf

Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,3 °C und die Summe der jährlichen Niederschläge beträgt im Mittel 683 mm. Die Erfassung der mittleren Temperatur erfolgte in 2 m Höhe (Abb.1).

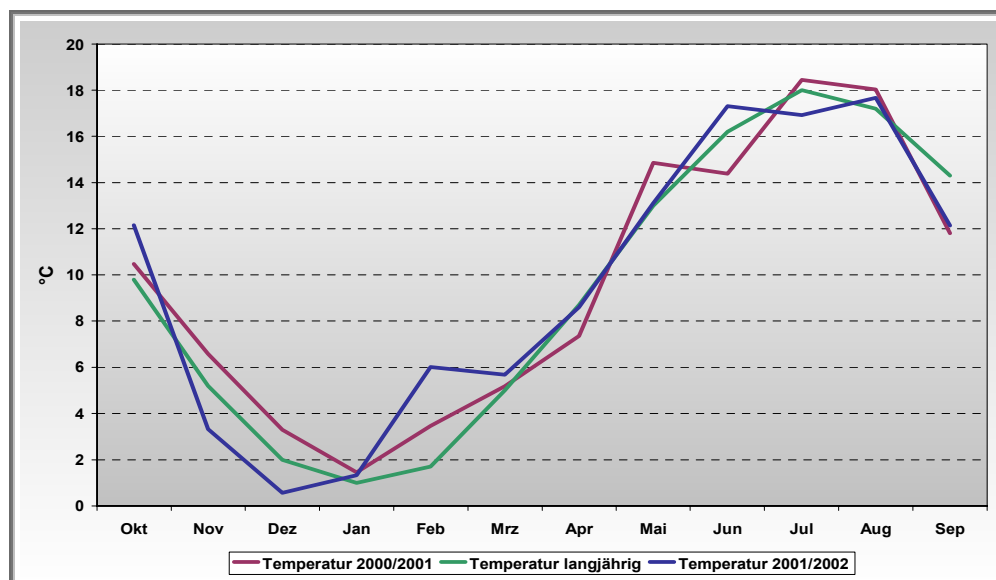


Abb. 1: Vergleich der Lufttemperaturen (Monatsmittel) in den Monaten Oktober 2000- September 2002 (Wetterstation Gladbacherhof) mit langjährigen Mittelwerten 1961-1990 (Klimastation Limburg/Lahn-Offenheim)

Ein Vergleich der langjährigen Mittelwerte mit dem Temperaturverlauf der Monate Oktober 2000 bis September 2001 und Oktober 2001 bis September 2002 zeigt Abbildung 1.

Im Versuchsjahr 00/01 lag das Temperaturmittel mit 9,6 °C um 0,3 °C über und die Niederschlagsmenge war mit 697 mm etwa gleich dem langjährigen Durchschnitt. Der Temperaturverlauf des Versuchsjahres 00/01 unterschied sich in den einzelnen Monaten nur wenig von denen des langjährigen Mittels, wobei es in den Monaten Februar bis April zu überdurchschnittlichen Niederschlagssummen kam. Unterdurchschnittlich hingegen war die Niederschlagsmenge im Mai, die nur etwa die Hälfte des langjährigen Mittels betrug (Abb.2).

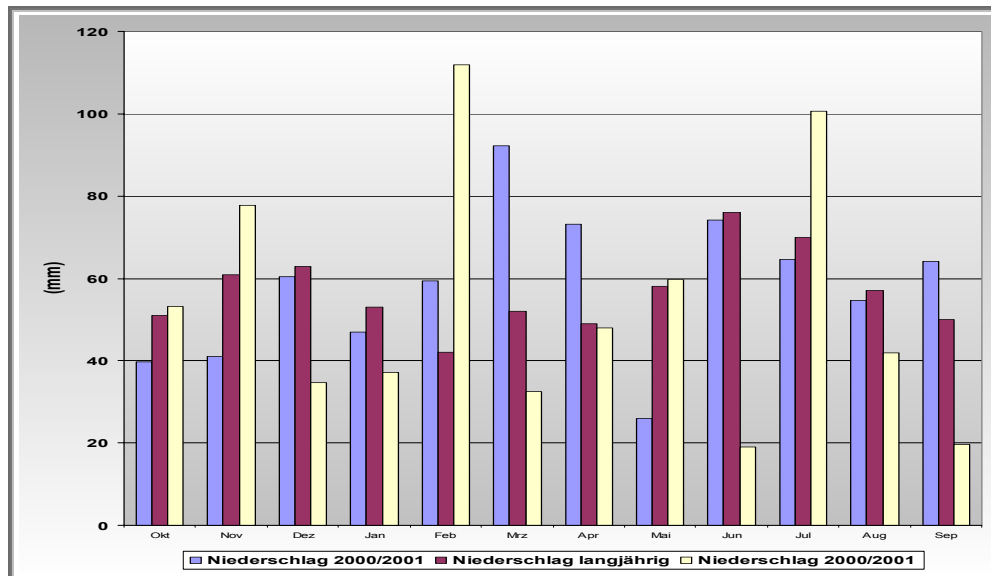


Abb. 2: Vergleich der Niederschlagsverteilung (Monatssummen) in den Monaten Oktober 2000-September 2002 (Wetterstation Gladbacherhof) mit langjährigen Mittelwerten 1961-1990 (Klimastation Limburg/Lahn-Offenheim)

Die durchschnittliche Jahrestemperatur im Versuchsjahr 01/02 entsprach mit 9.6 °C der des Vorjahres und die Niederschlagssumme lag mit 636 etwas unter dem mittleren Jahresdurchschnitt, bedingt auch durch besonders niedrige Niederschlagsmengen im Juni und September. Mit einer Temperatur von 6 °C, war der Februar auffallend mild, was einer Differenz von mehr als 4 °C zum langjährigen Mittel in diesem Monat entspricht. Hinzu kamen in diesem Monat ergiebige Regenfälle, die im Vergleich etwa 3-mal so



hoch waren wie die langjährige Durchschnittsmenge für diesen Monat. Kaum Regen brachte der Juni, wohingegen der Juli überdurchschnittlich regenreich war.

### 3.2 Versuchsanlage

Die Versuche wurden jeweils im Oktober der Jahre 2000 und 2001 als vollrandomisierte, zweifaktorielle Blockanlagen mit jeweils 10 Varianten, davon 2 Kontrollvarianten, und 4 Wiederholungen (40 Parzellen) angelegt. Die Gesamtgröße der Versuchsanlage, einschließlich Wege und Ränder, betrug 1285,20 m<sup>2</sup>, wobei die Größe der Einzelparzellen bei 18,45 m<sup>2</sup> lag.

Zur Aussaat kamen eine E-Weizensorte (Bussard) und eine A-Weizensorte (Renan). In den Varianten mit 50 cm Reihenabstand wurde die Saatstärke in 4 Stufen auf die Saatstärke in der mit 15 cm normal gesäten Reihe in der Reihe reduziert (entsprechen 60 KfK/11fm). In den Kontrollvarianten wurde der Reihenabstand 15 cm bei ortsüblicher Aussaatstärke gewählt. Einen genauen Überblick über die Versuchsanlage zeigt Tab.1.

Tab. 1: Versuchsanlage Aussaatstärkeversuch Weite Reihe bei verschiedenen Weizensorten

Prüffaktor A	Weizensorte , 2 Faktorstufen a1 : Bussard a2 : Renan
Prüffaktor B	Aussaatstärke , 4 Faktorstufen b1 : 100% (=360 KfK/m <sup>2</sup> ) b2 : 77,7% (=280 KfK/m <sup>2</sup> ) b3 : 55,5% (=200 KfK/m <sup>2</sup> ) b4 : 33,3% (=120 KfK/m <sup>2</sup> )
Kontrollen	k1: 15cm RW, Sorte Bussard, normale Saatstärke 360 KfK/m <sup>2</sup> k2: 15cm RW, Sorte Renan, normale Saatstärke 360 KfK/m <sup>2</sup>
Wiederholungen	4
Gesamtparzellenzahl	40

### 3.2.1 Faktor Sorte

Der Prüffaktor Sorte umfasst 2 Faktorstufen: a1, die E-Weizensorte Bussard und a2, die begrannte A-Weizensorte Renan (Tab.2).

Tab. 2: Faktorstufen Sorte

Faktorstufen	a1	Bussard
	a2	Renan

Als Grundlage für die hier aufgeführten sortenspezifischen Merkmale der Winterweizensorten Bussard und Renan diente die Sortenübersicht für den Ökologischen Landbau der AGÖL und die Angaben der Beschreibenden Sortenliste.

Tab. 3: Auswahl der in den Versuchen verwendeten Sorten nach morphologischen Kriterien und Ertragseigenschaften der Sortenübersicht (AGÖL) und Beschreibenden Sortenliste (BSL)

Sorte	Wuchslänge	Blattstellung	Rohproteininhalt	Ertragspotential und Ertragsstabilität	Kornzahl/Ähre	TKM
Bussard	lang	erectophil	hoch	hoch-mittel	mittel	mittel
Renan	kurz	erectophil	hoch	mittel-mittel	niedrig	hoch

### 3.2.2 Faktor Aussaatstärke

Der Prüffaktor Aussaatstärke umfasst 4 Faktorstufen: b1 bis b4; wobei b1 der ortsüblichen Aussaatstärke von 360 keimfähige Körnern/m<sup>2</sup> entspricht und bei jeder weiteren Faktorstufe die Aussaatstärke um je 80 keimfähige Körnern/m<sup>2</sup> reduziert wird. Auf die Fläche übertragen bedeutet es eine Verminderung der Saatgutmenge um  $\frac{2}{3}$  bei der 4.Faktorstufe. Die Saatgutablage in der Reihe entspricht bei der 4. Faktorstufe somit

der Saatgutkonzentration in der Reihe bei Normalsaat (60 KfK/1m). Einen genauen Überblick liefert Tabelle 3.

Tab. 4: Faktorstufen Aussaatstärke

Faktorstufen	b1	$360 \text{ KfK/m}^2 = 180 \text{ KfK /lfm}$
	b2	$280 \text{ KfK/m}^2 = 140 \text{ KfK /lfm}$
	b3	$200 \text{ KfK/m}^2 = 100 \text{ KfK /lfm}$
	b4	$120 \text{ KfK/m}^2 = 60 \text{ KfK /lfm}$

### 3.2.3 Anbaudaten des Winterweizens und der Untersaat

Die Vorfrüchte der Versuchsflächen Pfaffengraben 4 und Pfaffengraben 3 waren jeweils Kartoffeln.

Die Anbaudaten des Winterweizens und der Untersaat 00/01 sowie 01/02 sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 zusammengefasst.

Tab. 5: Anbaudaten des Winterweizens und der Untersaat 00/01

Grundbodenbearbeitung	25.10.2000 Pflug
Saatbettbereitung	25.10.2000 Frontpacker + Kreisel-egge
Aussaat	25.10.2000 Parzellendrillmaschine Reihenabstand Weite Reihe 50 cm Reihenabstand Kontrolle 15 cm
Sorten	Winterweizen BUSSARD, RENAN Z-Saatgut, ungebeizt
Beikrautregulierung	14.03.2001 Hacke
Ausbringung Untersaat	14.03.2001 Parzellendrillmaschine
Ernte des Winterweizens	31.07.2001 Parzellenmähdrescher
Düngung, Pflanzenschutz	ohne

Tab. 6: Anbaudaten des Winterweizens und der Untersaat 01/02

Grundbodenbearbeitung	12.10.2001 Pflug
Saatbettbereitung	12.10.2001 Frontpacker + Kreisel- egge
Aussaat	13.10.2001 Parzellendrillmaschine Reihenabstand Weite Reihe 50 cm Reihenabstand Kontrolle 15 cm
Sorten	Winterweizen BUSSARD, RENAN Z-Saatgut, ungebeizt
Beikrautregulierung	02.04.2002 Hacke + Striegel 15.04.2002 Reihenfräse (ohne Kon- trolle)
Ausbringung Untersaat	23.04.2002 Parzellendrillmaschine
Ernte des Winterweizens	28.07.2001 Parzellenmähdrescher
Düngung, Pflanzenschutz	ohne

### 3.3 Versuchsdurchführung

#### 3.3.1 Ackerbauliche Maßnahmen

Die Versuchsfläche Pfaffengraben 4 wurde am 25.10.00 gepflügt (30 cm), worauf die Saatbettbereitung mit einem Frontpacker und einer Kreiselegge durchgeführt wurde. Anschließend erfolgte die Aussaat der beiden Winterweizensorten Bussard und Renan mit einer HEGE Parzellendrillmaschine (Arbeitsbreite 1,5 m). Die Aussaatmengen sind Tab.3 zu entnehmen. Zur mechanischen Beikrautregulierung wurde am 14.03.01 eine Maschinenhacke in allen Varianten eingesetzt und nachfolgend die Leguminosenuntersaat ausgebracht. Die Untersaat, eine Mischung bestehend aus 43 % Perserklee, 38 % Luzerne und 19 % Weißklee, wurde mit der HEGE Parzellendrillmaschine in einer Stärke von 18,5 kg/ha ausgesät. Die Untersaat musste während der Vegetation nicht gemulcht werden. Zur Ernteerleichterung wurde die Untersaat am 30.07.2001 mit Hilfe einer modifizierten Motorsense gemulcht. Die Weizenernte erfolgte am 31.07.2001 mit einer Parzellendreschmaschine. Zur genauen Ermittlung der Korn- und Stroherträge wurde die zu beerntende Kernparzelle zuvor exakt vermessen. Die ackerbaulichen Maßnahmen des Versuchsjahres 01/02 entsprachen denen des Vorjahres, nur dass eine zusätzliche Beikrautregulierung vor der Aussaat der Untersaat mit einer Reihenfräse in

den 50 cm Varianten durchgeführt und die Untersaat auch vor der Ernte nicht gemäht werden musste.

### **3.3.2 Datenerfassung im Felde**

Die Datenerfassung im Felde umfasste die Auszählung des Feldaufgangs und der Ährentragenden Halme, die Ermittlung der Bestandeshöhe und einer Krankheitsbonitur. Zur Erfassung des Feldaufgangs und der Anzahl ährentragender Halme wurden pro Parzelle

3 \* 1 m laufende Drillreihe abgesteckt und ausgezählt. Die Aufnahme des Feldaufgangs des ersten Versuchsjahres erfolgte am 29.11.00, entsprechend dem Entwicklungsstadium 10 (nach BBCH-Code). Gemäß diesem Entwicklungsstadium wurde auch im zweiten Versuchsjahr, am 14.11.2001, verfahren. Die Bestimmung der Ährentragenden Halme wurde, an den zur Feldaufgangsauszählung abgesteckten Reihenabschnitten, im Versuchsjahr 00/01 am 30.07.01 und im Versuchsjahr 01/02 am 23.07.2002, durchgeführt. Krankheitsbonitur und Ermittlung der Bestandeshöhe wurden im Versuchsjahr 01/02 nicht durchgeführt. Das Längenwachstum wurde zur Bestockung, Ährenschieben und Milchreife, zu den Entwicklungszeitpunkten 29, 50 und 75 (nach BBCH-Code), durch Messung von 10 Einzelpflanzen/Parzelle der mittleren Reihe, ermittelt. Bei der Ermittlung der Blattkrankheiten wurde der prozentuale Anteil befallener Blattfläche der oberen drei Blattetagen mit Hilfe von Vergleichsflächen geschätzt, wobei pro Parzelle 10 Einzelpflanzen bonitiert wurden.

### **3.3.3 Probennahme und –aufbereitung**

Sowohl 2001 wie auch 2002 wurde in den Aussaatstärkenversuchen zu jeweils 2 Terminen Pflanzenproben zur Ermittlung der Sprossmassebildung und der N-Aufnahme des Weizens entnommen (08.05. /11.06.2001 und 06.05. /12.06.2002). Für jeden dieser 4 Zeitschnitte wurde an zwei Stellen der Parzelle, auf einer Fläche von jeweils 0,5 m<sup>2</sup> ober- und unterhalb der Kernparzelle, die gesamte oberirdische Biomasse des Weizens knapp über der Bodenoberfläche abgeschnitten. Nach Erfassung der Frischmasse wurde

ein Teil der Probe, zur Bestimmung der Trockenmasse, zerkleinert und bei 105 °C 24 Stunden getrocknet.

Eine zweite Teilprobe wurde, zur späteren Ermittlung des N-Gehaltes, 48 Stunden bei 60 °C im Trockenschrank getrocknet. Anschließend erfolgte eine Zerkleinerung dieser Proben in einer Schneidmühle (Siebweite 2 mm) und darauf eine Vermahlung in einer Zentrifugalmühle (Siebweite 0,2 mm). Mit einem C/N-Analyser (Firma Elementar varioEL) wurde dann der N-Gehalt des Aufwuchses ermittelt.

Die Ermittlung des Untersaataufwuchses wurde nur im ersten Versuchsjahr an einem Termin durchgeführt (30.07.2001). Probennahme und –aufbereitung war entsprechend der, der Zeitschnitte. Zur Bestimmung des N-Gehaltes im Stroh wurden bei der Ernte, nach Feststellung des Strohertrages der beernteten Fläche, Proben aus jeder Parzelle entnommen. Die weitere Aufbereitung der Strohproben wurde gemäß der Zeitschnitte geleistet. Mit einer „Pektus“- Getreidereinigung wurden die Körner von Spelzen und Spreu getrennt um danach den Kornertrag zu ermitteln. Dieser Ertrag wurde auf den Flächenenertrag in dt/ha umgerechnet und bezieht sich auf 86 % Trockenmasse. Der Proteingehalt im Korn wurde aus dem N-Gehalt errechnet ( $N \times 5,7$ ) und bezieht sich auf die Trockenmasse.

### **3.4 Statistische Auswertung**

Die Auswertung der Versuchsdaten wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS durchgeführt, wobei eine zweifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt wurde. Die Versuchsergebnisse wurden beim Auftreten von Wechselwirkungen nach Jahren getrennt ausgewertet. Vor jeder Auswertung erfolgte eine Prüfung der Daten auf Varianzhomogenität (Levene-Test) und auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test). Mittelwertsdifferenzen wurden hierbei auf signifikante Unterschiede, mit Hilfe des Tukey-Tests bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$ , geprüft. Signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

Zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen verschiedenen Ergebnissen wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson ermittelt, wobei eine zweiseitige Prüfung auf Signifikanz erfolgte.

Die Kontrollvarianten dienten der statistischen Absicherung der erhobenen Daten und wurden in der Ergebnisdarstellung und der Diskussion nicht berücksichtigt. Vergleichstabellen sind dem Anhang zu entnehmen.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Erträge ,Qualität und Ertragsstruktur des Winterweizens

#### 4.1.1 Kornertrag

Die beiden Erntejahre 2001 und 2002 mussten aufgrund gegenläufiger Entwicklungen getrennt voneinander abgebildet werden. Falls eine gemeinsame Ergebnisdarstellung möglich war, wird dies an entsprechender Stelle hervorgehoben.

Das mittlere Ertragsniveau des Erntejahres 2001 betrug 29.63 dt/ha. Es fand keine signifikante Ertragsbeeinflussung durch die Untersuchungsparameter Saatstärke und Sorte statt (Abb.3), weshalb beide Sorten gemeinschaftlich dargestellt werden konnten.

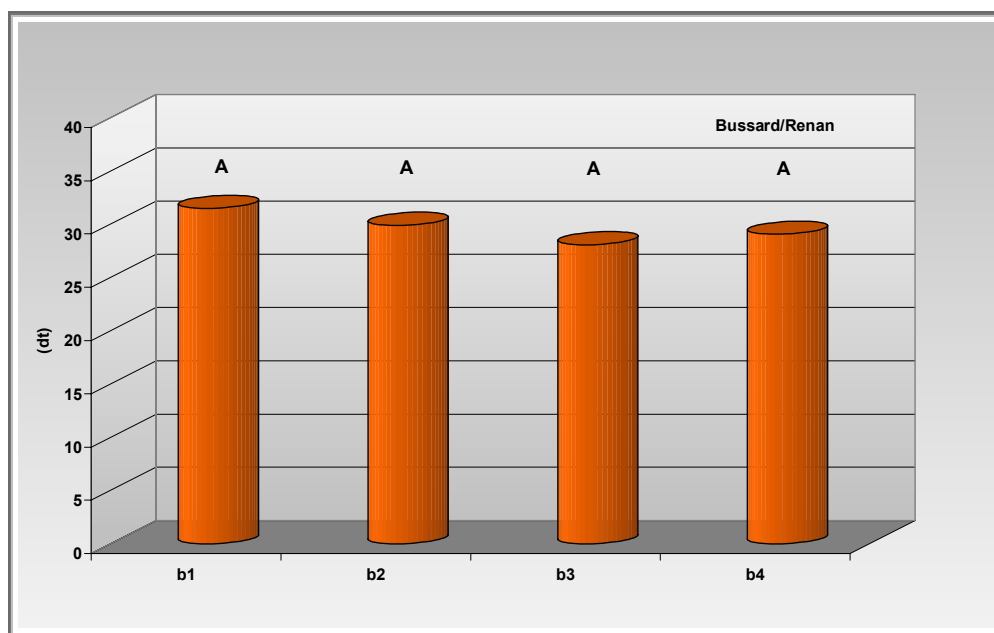


Abb. 3: Kornertrag 86% TM des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Mit 41.23 dt/ha lag das mittlere Ertragsniveau im Erntejahr 2002 deutlich über dem des Vorjahres. Die Aussaatstärke hatte auch im zweiten Versuchsjahr keinen signifikanten Einfluß auf den Ertrag, wobei jedoch ein eindeutiger Sorteneffekt festzustellen war. Das



Ertragsniveau der Sorte Renan lag dabei mit 46,55 dt/ha signifikant über dem der Sorte Bussard mit 34,55 dt/ha (Abb.4).

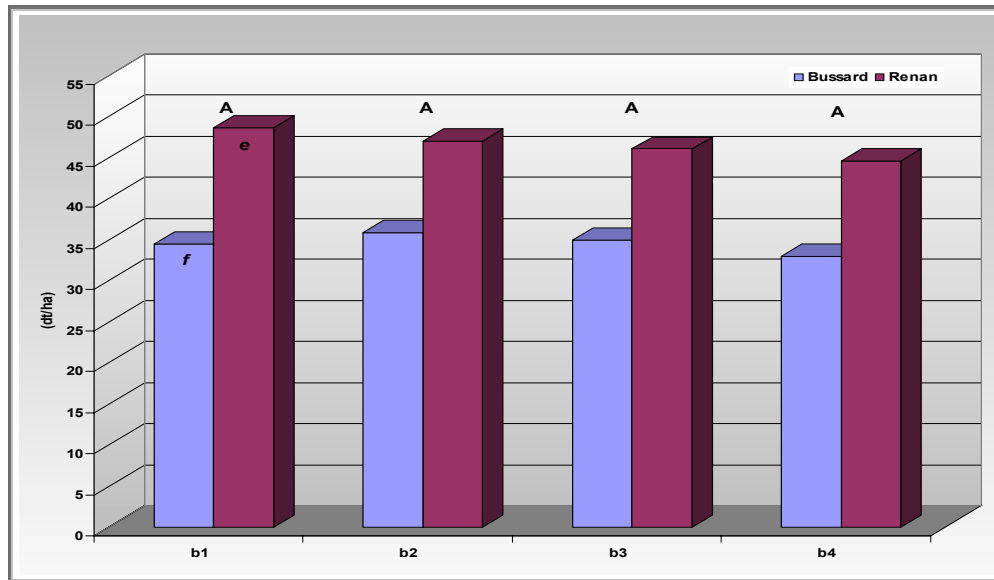


Abb. 4: Kornertrag 86% TM des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte (Kleinbuchstaben) und Aussaatstärke (Großbuchstaben); (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

In beiden Untersuchungsjahren konnten keine signifikanten Effekte der Versuchsbehandlung Saatstärke auf den Kornertrag festgestellt werden. Trotz stark reduzierter Saatgutmengen fand eine negative Ertragsbeeinflussung nicht statt.

#### 4.1.2 Strohertrag

Im Versuchsjahr 2001 konnte eine Ertragswirksamkeit der unterschiedlichen Sorten und der unterschiedlichen Aussaatstärken auf den Strohertrag nicht festgestellt werden, weshalb auch hier beide Sorten zusammengefasst werden konnten (Abb.5).

Der durchschnittliche Strohertrag entsprach dabei 28,94 dt/ha TM.

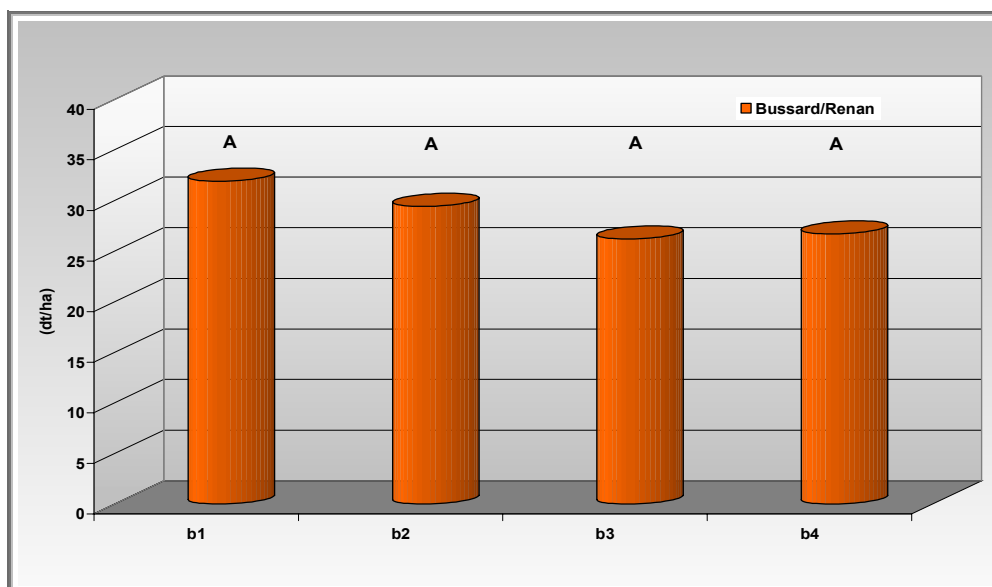


Abb. 5: Strohertrag dt/ha TM des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Im Versuchsjahr 2002 hingegen, übten die veränderten Saatgutmengen sowie die Sorten signifikante Effekte auf den Strohertrag aus (Abb.6).

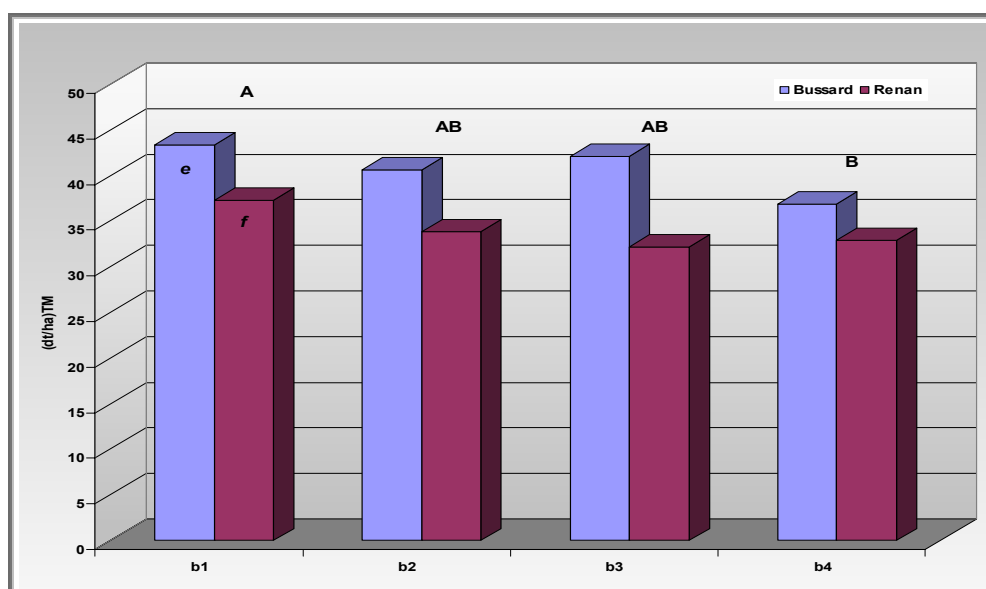


Abb. 6: Strohertrag dt/ha TM des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte (Kleinbuchstaben) und Aussaatstärke (Großbuchstaben); (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Gegenüber dem Vorjahr konnte, mit 37,40 dt/ha TM durchschnittlicher Strohmasse, ein deutlich erhöhtes Ertragsniveau beobachtet werden.

Dabei verzeichnete die Sorte Bussard mit 40,8 dt/ha TM gegenüber der Sorte Renan mit 34,1 dt/ha TM einen um 6,7 dt höheren Strohertrag. Signifikante Ertragsunterschiede waren jedoch nur zwischen den Varianten b1 und b4 nachweisbar.

#### 4.1.3 Harvest - Index

Der sich aus Stroh- und Kornertrag errechenbare Harvest-Index stellt einen Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Bestandes dar, indem er den relativen Anteil der geernteten Kornmasse in Beziehung zur Gesamtheit der geernteten Biomasse setzt. In den Versuchsjahren 2001 und 2002 konnten keine Effekte der Versuchsbehandlung Saatstärke auf den Harvest-Index festgestellt werden, wobei beide Sorten ein unterschiedliches Leistungsniveau aufwiesen (Tab.7).

Tab. 7: Harvest-Index der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte und Aussaatstärke; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ ) (HW = Hauptwirkung)

	2001			2002		
	Bussard	Renan	HW Saat	Bussard	Renan	HW Saat
Faktor B						
b1	45,3	46,8	<i>a</i>	37,1	49,2	<i>a</i>
b2	45,9	47,7	<i>a</i>	39,9	51,0	<i>a</i>
b3	47,0	49,2	<i>a</i>	38,6	51,4	<i>a</i>
b4	47,3	49,6	<i>a</i>	40,2	50,3	<i>a</i>
HW Sorte	<i>f</i>	<i>e</i>		<i>f</i>	<i>e</i>	

Während die A-Weizensorte Renan in beiden Jahren mit 48,3 und 50,5 die nahezu gleichen Werte aufzeigte fiel die Leistung der Sorte Bussard von 46,4 im ersten Versuchsjahr auf 39,0 deutlich unter Vorjahresniveau zurück. Hervorgerufen wurde dies durch einen hohen Strohertrag bei gleichzeitig niedrigem Kornertrag.

#### 4.1.4 Rohproteingehalt und N-Ertrag

Aufgrund unterschiedlich stark ausgeprägter Effekte der Versuchsbehandlungen auf das Prüfmerkmal Proteingehalt in den einzelnen Jahren, erfolgte auch hier eine jahresdifferenzierte Darstellung der Ergebnisse.

Die A-Weizensorte Renan zeigte in den zwei Untersuchungsjahren einen signifikant höheren Rohproteingehalt gegenüber der E-Weizensorte Bussard. Während die Sorte Bussard in beiden Jahren (im Durchschnitt der Varianten) mit 10,6 % RP (2001) bzw. 10,4 % RP (2002) in etwa gleiche Qualitäten auf niedrigem Niveau erzielte, erreichte die Sorte Renan im Erntejahr 2001 mit 14,2 % RP sehr hohe Qualitäten welche Erntejahr 2002 mit 11,2 % RP nicht wiederholt werden konnten (Abb.7;8).

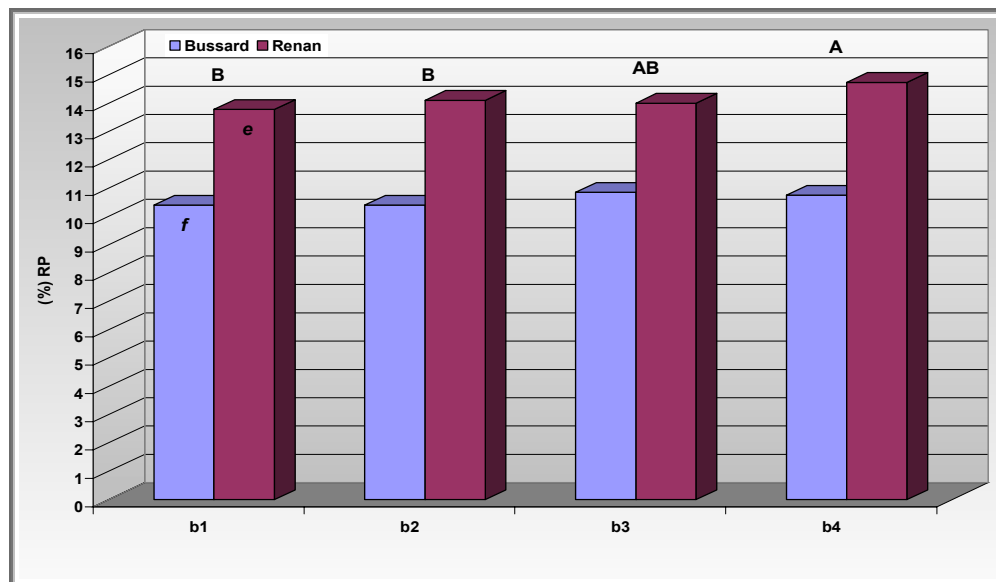


Abb. 7: Rohproteingehalt (%) des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte (Kleinbuchstaben) und Aussaatstärke (Großbuchstaben); (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Die veränderte Standraumzuteilung wirkte sich im Versuchsjahr 2001 Qualitätsverbessernd aus, wobei die Varianten der geringsten Saatstärke (b4) gegenüber den Varianten b1 und b2 einen signifikant höheren Rohproteingehalt im Korn aufwiesen (Abb.7). Im zweiten Versuchsjahr konnte dieser Effekt nicht mehr nachgewiesen werden (Abb.8), zugleich fiel der Qualitätsunterschied zwischen den einzelnen Sorten viel geringer aus. Tendenziell zeigte die Sorte Bussard bei einer geringeren Saatgutmenge auch geringere

Rohproteingehalte, wohingegen die Sorte Renan entsprechend der Vorjahresergebnisse mit einer Qualitätsverbesserung reagierte.

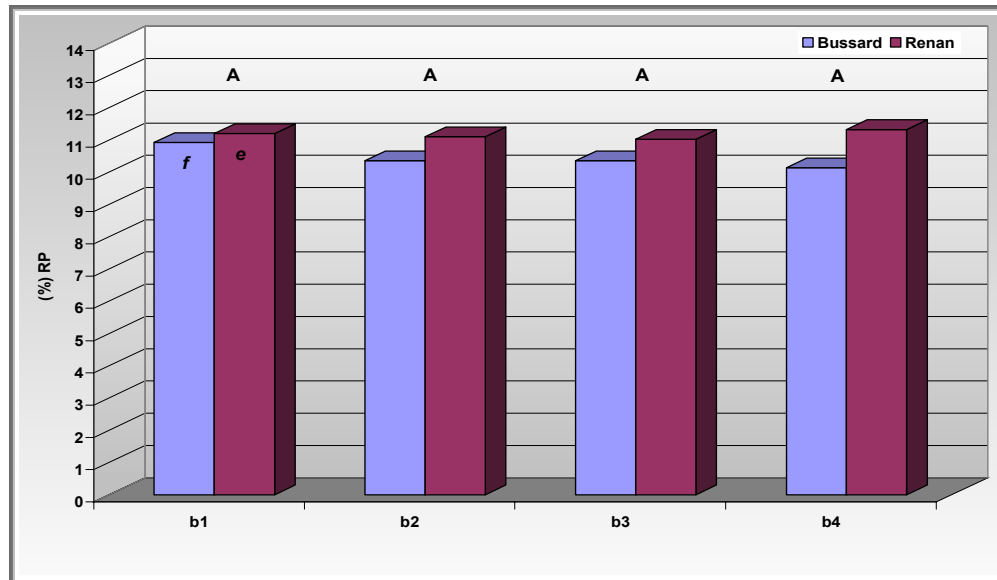


Abb. 8: Rohproteingehalt (%) des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte (Kleinbuchstaben) und Aussaatstärke (Großbuchstaben); (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Die statistische Verrechnung erlaubte eine gemeinschaftliche Darstellung des N-Ertrages über beide Untersuchungsjahre.

Entgegen der Ergebnisse des Rohproteingehaltes konnte in beiden Untersuchungsjahren kein Effekt der Hauptwirkung Saatstärke festgestellt werden (Tab. 8).

Tab. 8: N-Ertrag (kg/ha) der Untersuchungsjahre 2001/2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte und Aussaatstärke; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ ) (HW = Hauptwirkung)

Faktor B	2001/2002		HW Saat
	Bussard	Renan	
b1	51,3	71,8	<i>a</i>
b2	52,5	67,6	<i>a</i>
b3	50,2	66,2	<i>a</i>
b4	49,8	67,0	<i>a</i>
HW Sorte	<i>f</i>	<i>e</i>	

Infolgedessen ist die N-Aufnahme der b1 Variante statistisch nicht größer als die der b4 Variante. Die zuvor beobachteten Sortenunterschiede fanden sich auch hier, wobei der durchschnittliche N-Ertrag der Sorte Renan mit 68,2 kg/ha demzufolge 34,7 % über dem der Sorte Bussard mit 50,9 kg/ha lag.

## 4.2 Ertragsparameter und Ertragsstrukturanalyse

### 4.2.1 Tausendkornmasse

In beiden Versuchsjahren ließ sich durch die veränderte Aussaatstärke keine signifikante Beeinflussung des Prüffaktors Tausendkornmasse feststellen (Tab.9), wobei das Signifikanzniveau nur knapp verfehlt wurde. Entsprechend den Angaben der beschreibenden Sortenliste konnte ein Sortenunterschied beobachtet werden. Demgemäß erreichte die Sorte Renan im gesamten Untersuchungszeitraum eine höhere Tausendkornmasse.

Tab. 9: TKM in (g) der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte und Aussaatstärke; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ ) (HW = Hauptwirkung)

	2001			2002		
	Bussard	Renan	HW Saat	Bussard	Renan	HW Saat
Faktor B						
b1	43,2	58,5	<i>a</i>	42,8	51,7	<i>a</i>
b2	43,5	59,3	<i>a</i>	43,6	53,1	<i>a</i>
b3	42,7	59,7	<i>a</i>	43,7	53,9	<i>a</i>
b4	43,1	60,9	<i>a</i>	44,5	53,3	<i>a</i>
HW Sorte	<i>f</i>	<i>e</i>		<i>f</i>	<i>e</i>	

Tendenziell war in den Varianten der Sorte Renan über beide Jahre eine Steigerung der Tausendkornmasse durch Reduzierung der Aussaatmenge nachweisbar. Dieser Sachverhalt zeigte sich in den Bussard-Varianten nur im zweiten Versuchsjahr.

#### 4.2.2 Körner pro Ähre

Sowohl 2001 als auch 2002 hatte die Reduzierung der Saatgutkonzentration in der Reihe einen sichtbaren Einfluss auf die Anzahl Körner pro Ähre, wobei die Varianten der geringsten Saatstärke b4 die jeweils signifikant höchste Anzahl Körner pro Ähre erreichten (Tab.10).

Tab. 10: Anzahl Körner pro Ähre der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte und Aussaatstärke; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ ) (HW = Hauptwirkung)

Faktor B	2001			2002		
	Bussard	Renan	HW Saat	Bussard	Renan	HW Saat
b1	30,6	18,9	<i>c</i>	23,5	24,2	<i>c</i>
b2	35,1	21,4	<i>bc</i>	27,3	25,8	<i>c</i>
b3	37,6	24,7	<i>bc</i>	29,3	31,2	<i>b</i>
b4	43,3	25,5	<i>a</i>	32,7	34,4	<i>a</i>
HW Sorte	<i>e</i>	<i>f</i>		<i>e</i>	<i>e</i>	

Der im Versuchsjahr 2001 aufgetretene Sorteneffekt, mit deutlichen Unterschieden bei der Anzahl ausgebildeter Körner pro Ähre, war im Folgejahr bei nahezu gleicher Anzahl Körner/Ähre bei beiden Sorten nicht mehr feststellbar.

#### 4.2.3 Einzelährenertrag

Die Verminderung der Aussaatmenge hatte in beiden Versuchsjahren über beide Sorten eine signifikante Anhebung des Einzelährenertrages zur Folge (Tab.11). Hierbei erreichten die Varianten b4 ein um etwa 45 % gesteigertes Einzelährengewicht gegenüber den Varianten b1. Der hierbei beobachtete Sorteneffekt im Erntejahr 2001 fand sich auch im Folgejahr wieder, wobei die Sorten ein gegenläufiges Verhalten aufzeigten. Während die Sorte Bussard im ersten Jahr einen durchschnittlich 15 % höheren Einzelährenertrag gegenüber der Sorte Renan erzielen konnte, realisierte die Sorte Renan im

zweiten Jahr ein durchschnittlich 23 % höheres Einzelährengewicht wie die Sorte Bussard.

Tab. 11: Einzelährenertrag (g) der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte und Aussaatstärke; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ ) (HW = Hauptwirkung)

Faktor B	2001			2002		
	Bussard	Renan	HW Saat	Bussard	Renan	HW Saat
b1	1,27	1,07	<i>c</i>	1,01	1,25	<i>b</i>
b2	1,47	1,24	<i>b</i>	1,19	1,37	<i>b</i>
b3	1,56	1,44	<i>b</i>	1,28	1,68	<i>a</i>
b4	1,80	1,58	<i>a</i>	1,46	1,83	<i>a</i>
HW Sorte	<i>e</i>	<i>f</i>		<i>f</i>	<i>e</i>	

#### 4.2.4 Bestandesdichte (Ähren/m<sup>2</sup>)

Im Hinblick auf die Entwicklung der Bestandesdichte, konnte in beiden Versuchsjahren, entsprechend der Verringerung der Saatgutmenge, eine Hauptwirkung Saatstärke beobachtet werden. Die signifikant geringsten Ährendichten waren dabei jeweils in den Varianten der geringsten Aussaatstärke (b4) zu finden (Tab.12).

Die Auszählung der ährentragenden Halme ergab in beiden Jahren einen Sorteneffekt mit einer signifikant höheren Ährendichte bei der Sorte Renan. Auch zeigte sich im zweiten Untersuchungsjahr mit durchschnittlich 299 Ähren/ m<sup>2</sup> eine deutliche Steigerung in der Anzahl ährentragender Halme gegenüber 2001 mit durchschnittlich 213 Ähren/ m<sup>2</sup>.



Tab. 12: Bestandesdichte des Weizens der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Faktoren Sorte und Aussaatstärke; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ ) (HW = Hauptwirkung)

Faktor B	2001			2002		
	Bussard	Renan	HW Saat	Bussard	Renan	HW Saat
b1	242,2	300,3	<i>a</i>	343,0	388,3	<i>a</i>
b2	210,0	237,7	<i>b</i>	302,7	342,7	<i>b</i>
b3	178,0	198,8	<i>bc</i>	276,2	273,5	<i>c</i>
b4	162,3	182,5	<i>d</i>	226,0	243,0	<i>d</i>
HW Sorte	<i>f</i>	<i>e</i>		<i>f</i>	<i>e</i>	

#### 4.2.5 Ertragsstrukturanalyse

Die Analyse des Zusammenhangs der Ertragsparameter mit dem Kornertrag des Versuchsjahres 00/01 ergab, dass nur in den Varianten b1 ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Ertragshöhe und Bestandesdichte bestand (Tab.13). In den übrigen Varianten konnte nicht eindeutig festgestellt werden, welche Ertragskomponente den Hauptanteil der Ertragsbildung ausmachte. Bestandesdichte und Einzelährenertrag trugen zu gleichen Teilen zur Ertragsbildung bei, wobei die Einzelährenertragskomponente Körner/Ähre einen etwas größeren Einfluss als die TKM aufwies.

Tab. 13: Korrelationskoeffizienten (r) des Kornertrages 2001 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von der Aussaatstärke

Faktor	Ertragsparameter 2001			
	Ähren/m <sup>2</sup>	TKM	Körner/Ähre	EÄE
b1	0,756*	0,213	-0,154	0,028
b2	0,488	-0,345	0,382	0,406
b3	0,547	0,137	0,053	0,445
b4	0,674	-0,055	0,325	0,535

\*) Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Im Mittel der Saatstärkevarianten zeigten die Sorten Bussard und Renan, dass die Ertragsbildung in diesem Versuchsjahr vorrangig über die Ertragskomponente Ähren/m<sup>2</sup> realisiert wurde (Tab.14). Die übrigen Ertragskomponenten hatten nur einen geringen Einfluss auf die Ertragsbildung.

Tabelle 14: Korrelationskoeffizienten (r) des Kornertrages 2001 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von der Sorte im Mittel der Saatstärken

Sorte	Ertragsparameter 2001			
	Ähren/m2	TKM	Körner/Ähre	EÄE
Bussard	0,595*	0,286	0,106	0,154
Renan	0,688*	-0,143	-0,127	-0,129

\*) Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

Der Kornertrag wurde im zweiten Versuchsjahr über alle Varianten signifikant vom Einzelährenertrag gefolgt von der Bestandesdicht beeinflusst (Tab.15). Die Tausendkornmasse erwies sich hierbei als die dominierende Einzelährenertragskomponente und war höchst signifikant an der Ertragsbildung in allen Saatstärkevarianten beteiligt. Der Zusammenhang zwischen dem Kornertrag der Ertragskomponente Körner/Ähre war in diesem Jahr sehr gering, wobei sie in der Variante der geringsten Saatstärke (b4) noch den größten Anteil zur Ertragsbildung beitrug.

Tab. 15: Korrelationskoeffizienten ( r ) vom Kornertrag 2002 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von der Aussaatstärke im Mittel der Sorten

Faktor	Ertragsparameter 2002			
	Ähren/m2	TKM	Körner/Ähre	EÄE
b1	0,818*	0,935**	0,563	0,962**
b2	0,753*	0,906**	-0,085	0,877**
b3	0,258	0,857**	0,382	0,773*
b4	0,908*	0,912**	0,758	0,991**

\*) Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

\*\*) Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant

Im Gegensatz zum ersten Versuchsjahr wurde die Ertragsbildung der Sorte Bussard in diesem Jahr vorrangig von der Ertragskomponente Tausendkornmasse beeinflusst. Daneben zeigte sich der Ertragsaufbau der Sorte Renan ausgeglichener, wobei die Bestandesdicht noch den größten Einfluss auf die Höhe des Kornertrages hatte (Tab. 16)

Tabelle 16: Korrelationskoeffizienten (r) des Kornertrages 2002 und der Ertragsparameter in Abhängigkeit von der Sorte

Sorte	Ertragsparameter 2002			
	Ähren/m <sup>2</sup>	TKM	Körner/Ähre	EÄE
Bussard	0,264	0,509*	0,037	0,157
Renan	0,465	0,092	-0,037	-0,021

\*) Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

### 4.3 Einfluss veränderter Standraumzumessung auf die Bestandesentwicklung

#### 4.3.1 Feldaufgang

Im Untersuchungsjahr 2001 gab es keine sortenbedingten Unterschiede im Feldaufgang, weshalb eine gemeinsame Darstellung der beiden Sorten vorgenommen wurde (Abb.9).

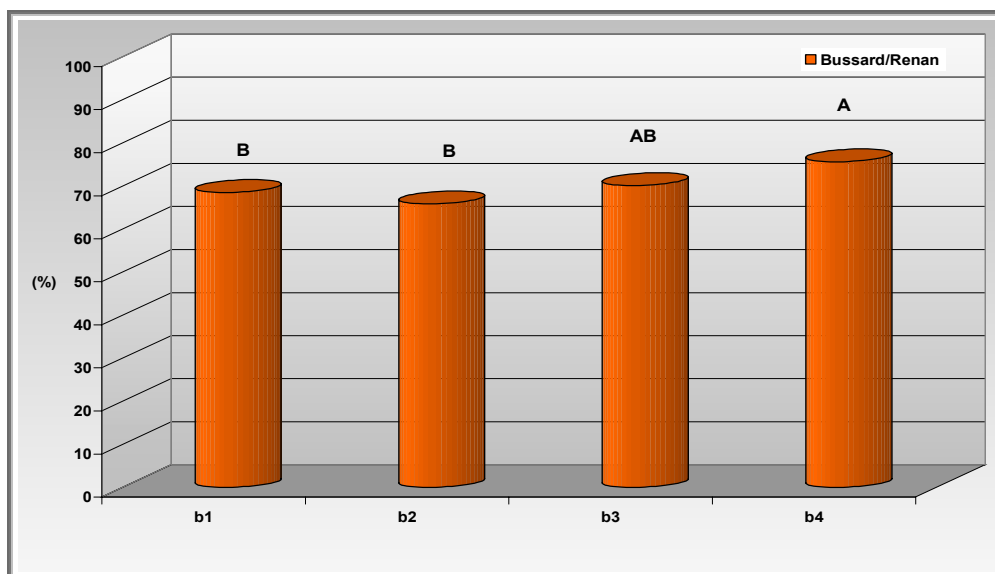


Abb. 9: Feldaufgangsraten in % des Versuchsjahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Wechselwirkungen zwischen Sorte und Aussaatstärke verhinderten im Untersuchungsjahr 2002 eine gemeinschaftliche Verrechnung der beiden Sorten, sodass eine getrennte Betrachtung erfolgte. Festgestellt wurde in diesem Untersuchungsjahr ein signifikanter Sortenunterschied, wobei beiden Sorten jeweils in der Variante b4 den höchsten Feldaufgang erreichten (Abb.10). Im Bezug auf die geprüften Aussaatstärken zeigten die Sorten Bussard und Renan (bis auf Variante b3) keine signifikanten Unterschiede.

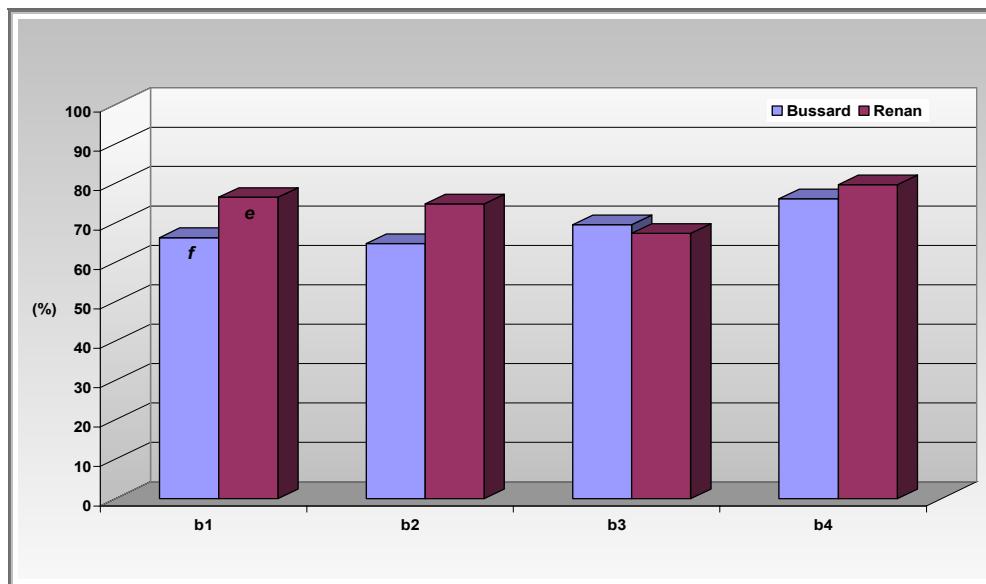


Abb. 10: Feldaufgangsraten in % des Versuchsjahres 2002 in Abhängigkeit von Aussaatstärke und Sorte. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

### 4.3.2 Pflanzendichte (Pflanzen/m<sup>2</sup>) und Bestockung

Die Pflanzendichte gibt die Anzahl Keimpflanzen im Herbst und die Bestockung das Verhältnis aus Bestandesdichte, zum Zeitpunkt der Ernte, und Pflanzendichte an.

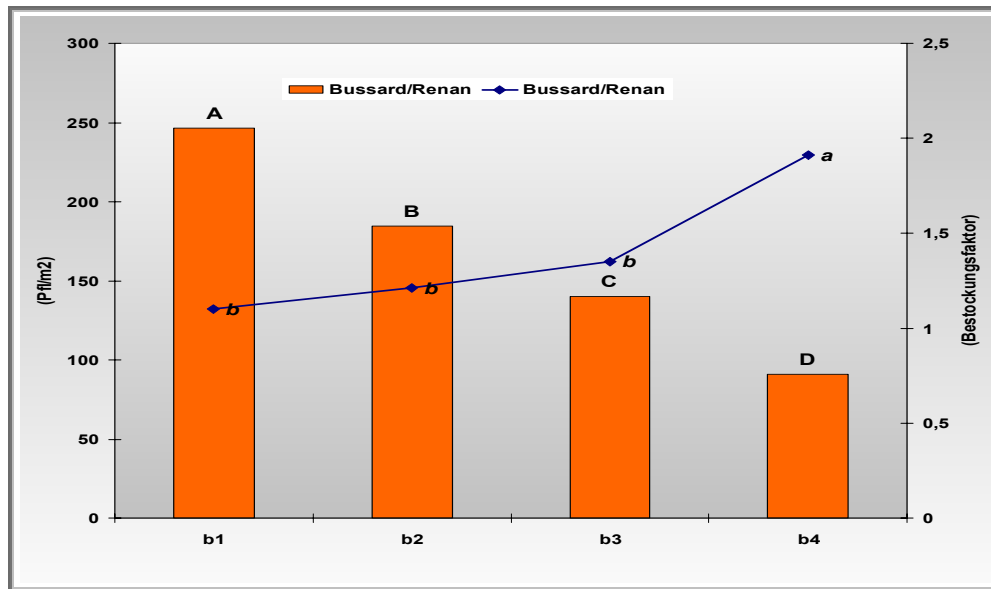


Abb. 11: Pflanzen/m<sup>2</sup> und Bestockung in Abhängigkeit von der Aussaatstärke des Versuchsjahres 2001. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Im Versuchsjahr 2001 wiesen beide Sorten keine Unterschiede in der Pflanzendichte und ihrem Bestockungsverhalten auf (Abb.11). Entsprechend der Aussaatstärken zeigten sich die gewollten Signifikanzen im Pflanzenbestand, wobei sich signifikante Abstufungen in der Bestockung erst bei geringster Pflanzendichte feststellen ließen.

Im Untersuchungsjahr 2002 zeigte sich ein Sortenunterschied in der Anzahl Pflanzen/m<sup>2</sup> (Abb.12), welcher sich über die höhere Feldaufgangsrates der Sorte Renan definieren lässt (siehe Abb.10). Die Betrachtung der beiden Sorten erfolgte aufgrund Wechselwirkungen getrennt voneinander, wobei in der Einzelbetrachtung keine Unterschiede zwischen den beiden Sorten in ihrem Verhalten erkennbar waren. Die Bestockung wurde aufgrund gleichen Verlaufs gemeinsam dargestellt.

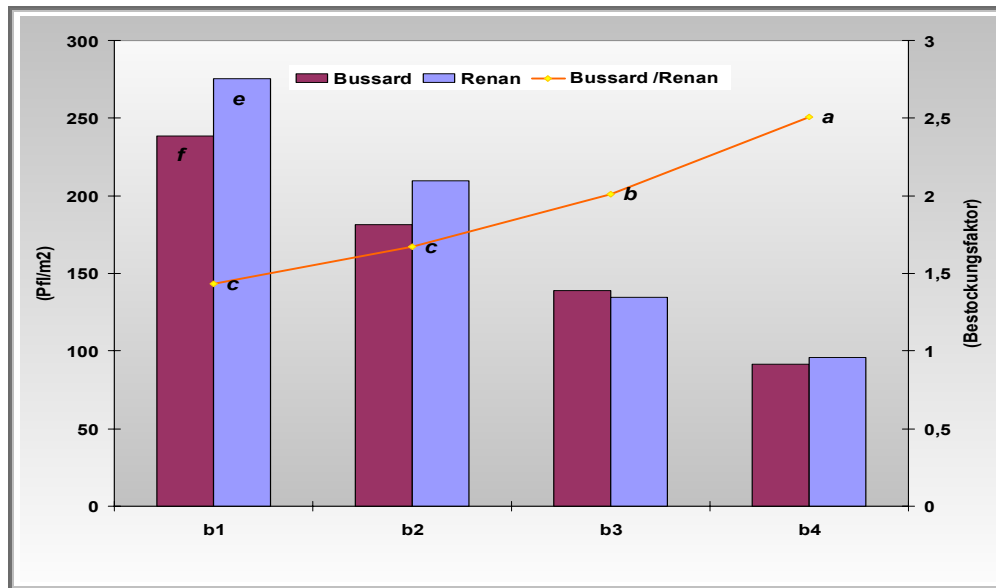


Abb. 12: Pflanzen/m<sup>2</sup> und Bestockung in Abhängigkeit von der Aussaatstärke und der Sorte des Versuchsjahres 2002. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Mit abnehmender Pflanzenzahl konnte eine signifikante Erhöhung der Bestockungsrate festgestellt werden, wobei beide Sorten ein deutlich höheres Bestockungsvermögen gegenüber dem Vorjahr aufwiesen. Aufgrund eines höheren Feldaufgangs zeigten die Varianten mit 33 % der üblichen Saatgutmenge einen höheren relativen Pflanzenbestand gegenüber den übrigen Varianten.

#### 4.3.3 Sprossmassebildung des Weizens

Eine annähernd gleiche Reaktion der unterschiedlichen Sorten auf die verschiedenen Saatstärken erlaubte in beiden Untersuchungsjahren eine auf die Hauptwirkung Saatstärke beschränkte Darstellung der Untersuchungsergebnisse.

Bei der Untersuchung der Sprossmassebildung in Abhängigkeit von der Aussaatstärke (Abb.13) zeigte sich, dass die noch zum ersten Zeitschnitt bestehende Differenz im Aufwuchs über den zweiten Zeitschnitt (Ährenschieben), bis zur Druschreife hin völlig kompensiert wurde. Ein Sorteneffekt war nur bei den ersten Probenahmen feststellbar, wobei die Sorte Renan dabei eine höhere Sprossmasse aufwies.

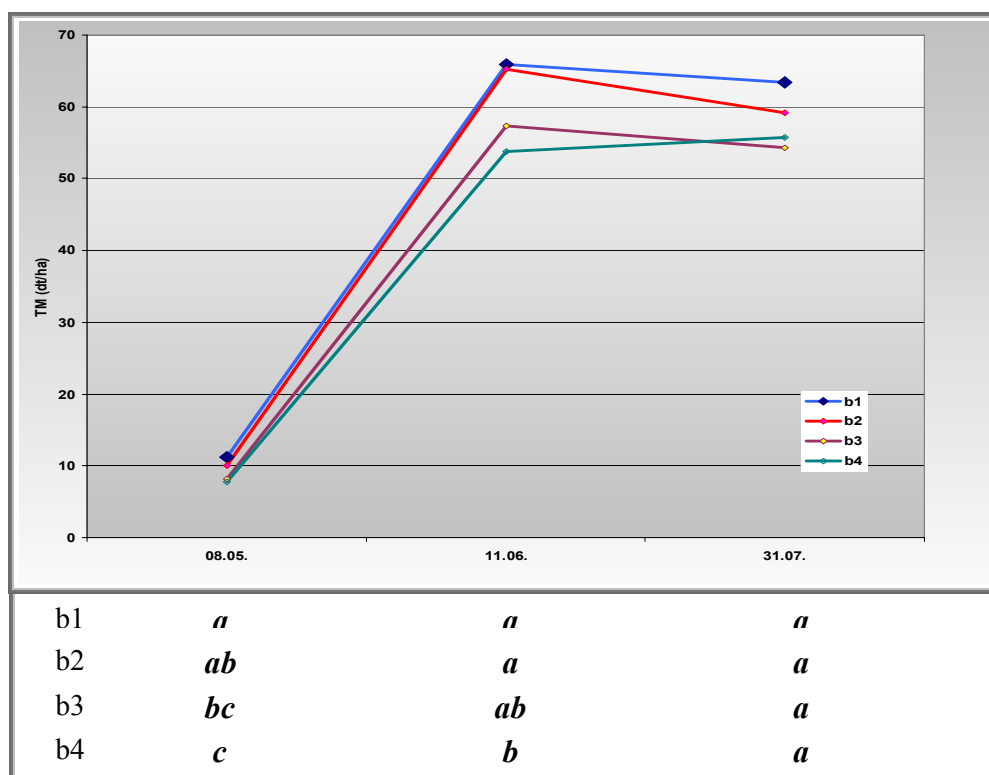


Abb. 13: Verlauf der Sprossmassebildung von Winterweizen in Abhängigkeit von der Aussaatstärke des Untersuchungsjahres 2001. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Die Dynamik der Sprossmassebildung des zweiten Versuchsjahres zeigte, dass die Differenz zwischen den einzelnen Saatstärkevarianten von Beginn an gering und bei den zweiten Probenahmen bereits nicht mehr nachweisbar war (Abb.14). In dieser Untersuchungsperiode war eine höhere Sprossmasseproduktion und ab dem zweiten Zeitschnitt ein signifikanter Sortenunterschied zu beobachten. Die Sorte Bussard wies hierbei eine um 18 % gesteigerte Sprossmasse gegenüber der Sorte Renan auf.

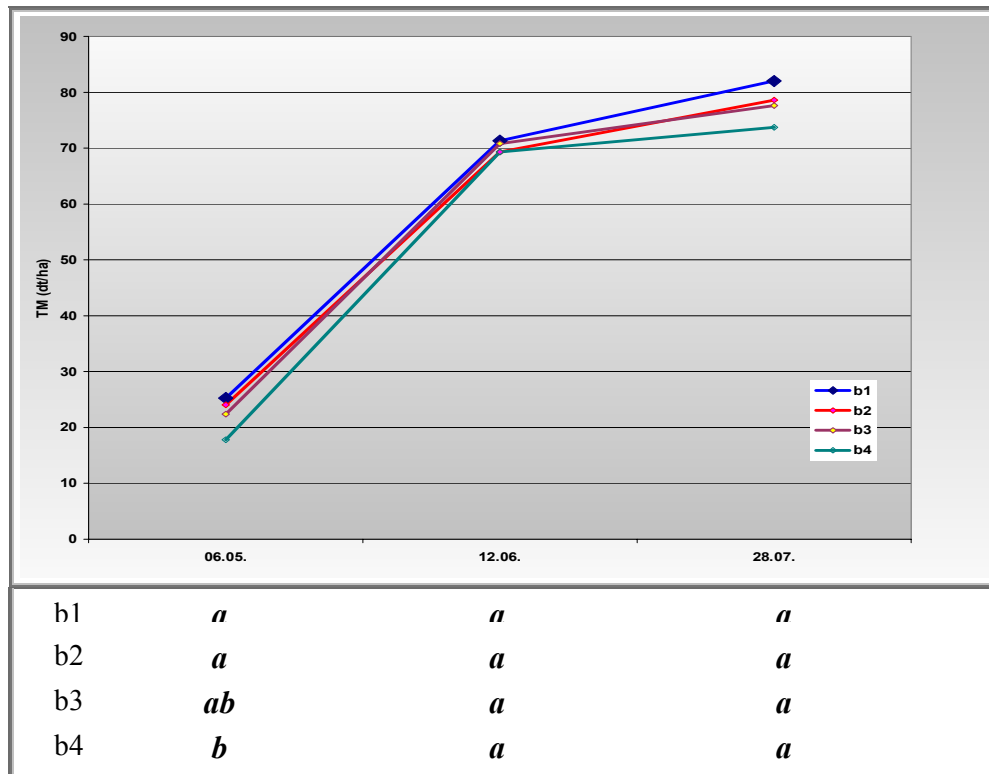


Abb. 14: Verlauf der Sprossmassebildung von Winterweizen in Abhängigkeit von der Aussaatstärke des Untersuchungsjahres 2002. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

#### 4.3.4 Pflanzengesundheit

Im Versuchsjahr 2001 gab es signifikante Befallsunterschiede bei den untersuchten Sorten. Während die Sorte Renan zum Vegetationsende einen geringen Befall ( $< 1,5\%$  der grünen Blattfläche) mit *Septoria nodorum* aufzeigte, konnte bei der Sorte Bussard bereits zum Ährenschieben (EC 50) ein Befall mit *Puccinia recondita* ermittelt werden (Tab.17).

Tab. 17: Prozentualer Anteil befallener Blätter und befallener Blattfläche unterschiedlicher Pathogene des Versuchsjahres 2001 in Abhängigkeit von Sorte und Entwicklungsstadium

		Puccinia recondita (Bussard)		Septoria nodorum (Renan)	
	bonitierte Blattetagen	% befallene Blätter	% befallene Blattfläche	% befallene Blätter	% befallene Blattfläche
EC 50	2,3,4	34,7	1,1	12	0,4
EC 75	1,2,3	100	18,6	33,8	1,3



Aufgrund dieser frühen Infektion konnte bei der Sorte Bussard zum Stadium EC 75 nur noch das Fahnenblatt bonitiert werden. Die Blätter der 2. und 3. Etage waren zu diesem Zeitpunkt bereits abgestorben.

Die Variation der Aussaatmenge hatte als Hauptwirkung keinen signifikanten Einfluss auf die Befallshäufigkeit bzw. -intensität mit diesen Pathogenen. Es erfolgte daher eine nach Sorten zusammengefasste Darstellung der verschiedenen Saatstärkevarianten.

#### 4.3.5 Vegetatives Wachstum

Im Hinblick auf die Entwicklung der Bestandeshöhe zeigte der Faktor Aussaatstärke, zu keinem der untersuchten Termine, einen signifikanten Einfluss (Abb.15).

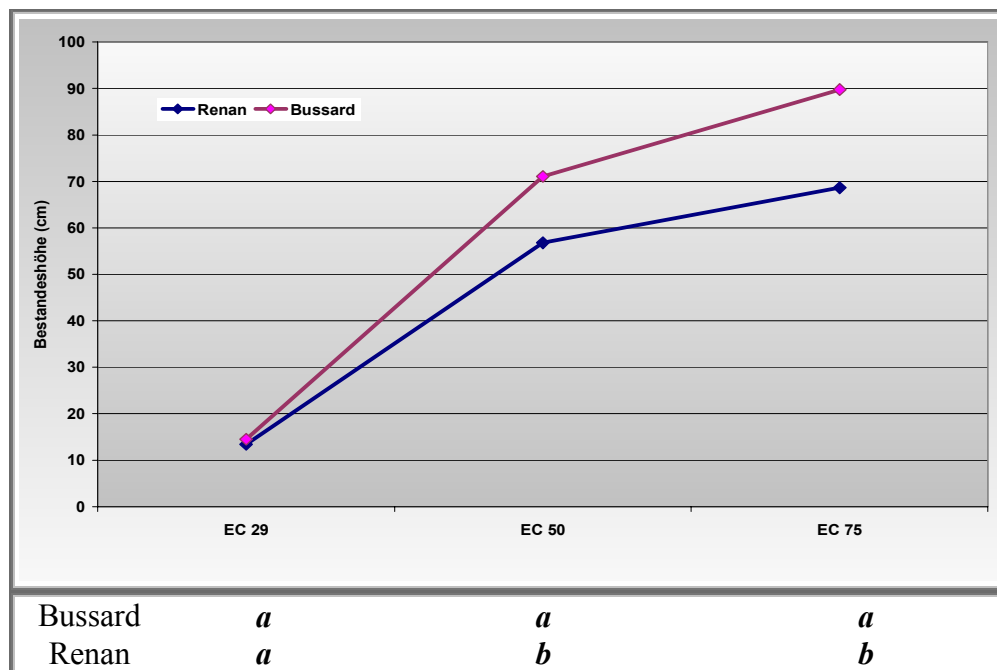


Abb. 15: Absolute Bestandeshöhen von Winterweizen in Abhängigkeit von Entwicklungsstadium und Sorte des Versuchsjahres 2001. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Beide Sorten wiesen zu Bestockungsbeginn noch nahezu gleiche Wuchshöhen auf, doch zu Beginn des Ährenschiebens war ein deutlicher Sortenunterschied, mit einer Längendifferenz von ca. 14 cm, erkennbar.

Zum Entwicklungsstadium 75 wurde ein maximaler Abstand zwischen der langstrohigen Sorte Bussard und der kurzstrohigen Sorte Renan von ca. 21 cm gemessen.

#### 4.3.6 Biomassebildung der Untersaat

Bei Betrachtung des Biomasseaufwuchses der Untersaat in Abhängigkeit von der Aussaatstärke und der Sorte, konnten weder ein Saatstärkeneffekt noch ein Sorteeffekt nachgewiesen werden (Abb.16). In den Varianten b4 zeigten beide Sorten eine tendenziell höhere Untersaatentwicklung im Vergleich zu den übrigen Varianten.

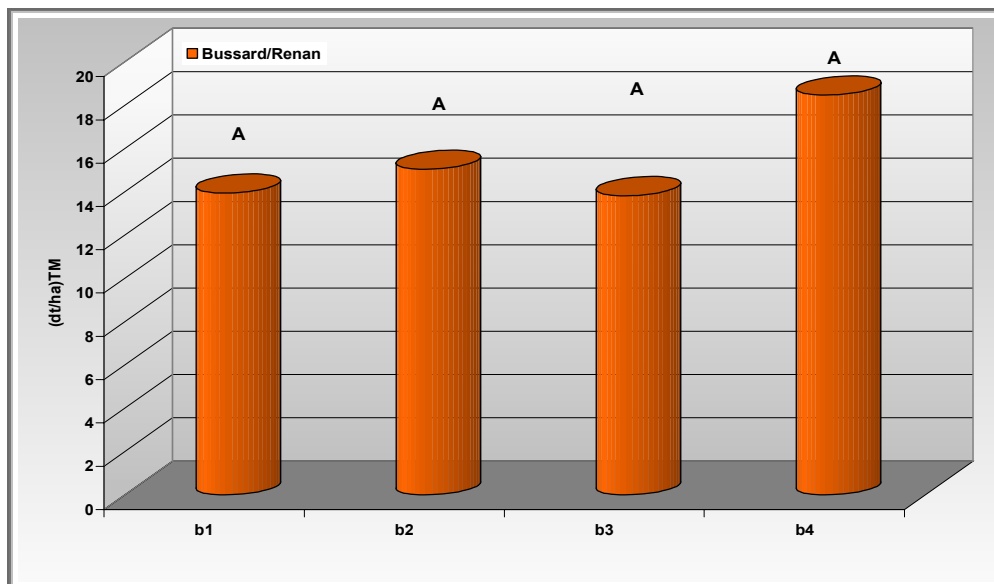


Abb. 16: Trockenmasseertrag der Untersaat des Versuchsjahres 2001 in Abhängigkeit von der Aussaatstärke. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Ein Zusammenhang zwischen Biomassebildung der Untersaat und der Gesundheit des Weizens konnte nicht beobachtet werden.

## 5 Diskussion

### 5.1 Einfluss unterschiedlicher Aussaatstärken auf Ertrags- und Qualitätsparameter

#### 5.1.1 Ertragsbildung

Die Ausprägung der einzelnen Ertragskomponenten, bestehend aus Bestandesdichte als Anzahl Ähren je  $\text{m}^2$  und dem Einzelährenertrag als Produkt aus Kornzahl je Ähre und mittlerer Einzelkornmasse, bestimmt die Höhe des Kornertrages bei Getreide. Hierbei erfolgt die Ausbildung dieser Parameter zu unterschiedlichen Zeitabschnitten der Entwicklung woraus sich eine Abhängigkeit von den jeweils vorherrschenden Wachstumsbedingungen ergibt (GEISLER, 1983).

Die Höhe der Anlage der Ertragskomponenten wird vornehmlich von der Saatstärke, den Keimbedingungen und dem prozentualen Feldaufgang bestimmt (STOEPPLE, 1989). Auf Grund dessen werden zuvor die Auswirkungen der unterschiedlichen Saatstärken auf die Anzahl Keimpflanzen im Herbst diskutiert.

Über eine Verringerung der Saatgutkonzentration in der Reihe und damit verbundener Abnahme der intraspezifischen Konkurrenz (KOCHS, 1989) konnte in beiden Versuchsjahren eine signifikante Erhöhung des Feldaufgangs realisiert werden. Hierbei verzeichneten die Varianten der geringsten Saatstärke ( $120 \text{ KfK/m}^2$ ) eine durchschnittlich 6,8 % ige Zunahme der Feldaufgangsrates gegenüber den Varianten der höchsten Saatstärke ( $360 \text{ KfK/m}^2$ ). Dieses Ergebnis entspricht den Beobachtungen von MUELLE & HEEGE (1981), die über eine Verringerung der Aussaatmenge eine verbesserte Standraumzuteilung und somit höhere Feldaufgänge erreichten. Übereinstimmend mit den Ergebnissen von TRIEBEL (1982) und PIORR (1991) führte eine hohe Saatgutablage in der Reihe zwar zu einem Anstieg der Keimdichte, hatte aber auch eine Abnahme des relativen Feldaufgangs zur Folge. Die schon zu diesem frühen Zeitpunkt bestehende gegenseitige Beeinflussung bestimmt neben den Rahmenbedingungen (Wasser- und Nährstoffangebot, Witterung und Saatgutgesundheit) die Ausprägung und Folgen der intraspezifischen Konkurrenz bei zunehmender Keimlingsdichte.

Da nach GEISLER (1983) der Keimling seine Nährstoffe noch aus der Karyopse bezieht und somit noch nicht von der Nährstoffsituation des Bodens direkt abhängig ist, wird die Höhe des relativen Pflanzenbestandes neben den Standort gegebenen Wachstumsbedingungen wesentlich über den Faktor Saatstärke bestimmt.

In der nächsten Phase der Ertragsbildung, der Bestockung, wird die Anzahl der Triebe je Pflanze festgelegt, welche jedoch nach Abschluss der Bestockung bzw. mit dem Eintreten in die Übergangsphase zum Schossen entsprechend den vorherrschenden Wachstumsbedingungen wieder reduziert werden (GEISLER, 1983). Das Bestockungsvermögen der Einzelpflanze im Frühjahr und der Grad der Reduktion bestimmen an deren Ende die Anzahl Ährentragender Halme. Ausschlag gebend ist hierbei die Nährstoffverfügbarkeit besonders N-Verfügbarkeit bzw. die intraspezifische Konkurrenz zwischen den einzelnen Pflanzen (KOCHS, 1989).

Wie schon KRATSCH (1972), SCHEER (1983) und auch SCHENKE (1993) in ihren Versuchen erkannten, führte auch in dieser Untersuchung die Verringerung der Saatgutablage in der Reihe zu einer höheren Anzahl Ährentragender Halme je Pflanze. In beiden Versuchsjahren verminderte sich die Anzahl Ähren/m<sup>2</sup> mit Reduzierung der Saatstärke signifikant, wobei jedoch die relative Ährendichte dem entgegengesetzt stetig zunahm (vgl. Abb.11, 12). Entsprechend der Höhe der Saatgutablage in der Reihe entwickelte sich eine Konkurrenz zwischen den Pflanzen um Nährstoffe, Wasser und Licht (SCHENKE 1993) was zu dieser relativen Differenzierung in der Bestandesdichte führte. Die Teilkompensation der Bestandesdichte erfolgte somit, aufgrund günstigerer Standraumzuteilung und einer damit verbundenen Abnahme um Wachstumsfaktoren, über eine verminderte Triebreduktion und zusätzlich bei den Varianten der geringsten Aussaatstärke einen erhöhten Feldaufgang.

Die Untersuchung der Sprossmassebildung des Weizens unterstützt die Beobachtungen bei der Bestandesdichte, wonach geringe Pflanzendichten über verstärkte Bestockung zum Teil kompensiert werden können. Zeigte sich zu Anfang des Schossens eine noch signifikant unterschiedliche Biomassebildung zwischen den einzelnen Saatstärkevarianten, so konnte ein vollständiger Ausgleich bis zum Beginn des Ährenschiebens (Versuchsjahr 01/02) bzw. zur Ernte (00/01) erreicht werden. Bedingung für ein verstärktes Einzelpflanzenwachstum ist jedoch eine erhöhte Nährstoffverfügbarkeit, besonders N,

was auf die vergrößerte Standraumzumessung und der damit verbundenen geringeren Konkurrenz um Nährstoffe und Wasser zurückgeführt werden kann.

Vorraussetzung für dieses hohe Kompensationsvermögen ist nach STOEPPLE et al. (1989) auch eine ausgeprägtere Entwicklung des Wurzelsystems, was zu einer verbesserten Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Wurzelraumes und der darin verfügbaren Nährstoffe ermöglicht.

Nach STOEPPLE (1988) wird die Bestandesdichte im ökologischen Landbau maßgeblich durch eine geringe Mineralisationsleistung der Böden im zeitigen Frühjahr, bedingt durch niedrige Temperaturen, beeinträchtigt. Dieser Umstand könnte mit als Ursache für die deutlich höhere Anzahl Ähren/m<sup>2</sup> des Versuchsjahres 01/02 (vgl. Tab.12) gesehen werden. Da bereits im Februar 2002 eine mittlere Temperatur von 6 °C erreicht wurde, war eine ausreichende frühe Nährstoffversorgung (bes. N-Verfügbarkeit) möglich. Denn nach GEISLER (1983) wirkt sich die N-Ernährungssituation im Frühjahr auf den Umfang der Bildung von Bestockungstrieben aus.

Im vorliegenden Versuch wurde die Ausbildung der Anzahl Körner/Ähre in beiden Untersuchungsjahren signifikant durch den Faktor Aussaatstärke beeinflusst. Dabei konnte mit zunehmender Standraumzumessung, über eine verminderte Saatgutkonzentration in der Reihe, eine jeweils höhere Einkörnung realisiert werden (vgl. Tab.10), wobei diese in den Varianten mit 120 KfK/m<sup>2</sup> mit durchschnittlich 34 Körner/Ähre signifikant am höchsten waren. Dies bestätigt die Erfahrungen von PIORR (1991) und SCHENKE (1993), welche einen starken Zusammenhang zwischen der Einkörnung und der jeweiligen Aussaatstärke fanden. Hierbei, wie auch bei KRATSCH (1972), stellte sich eine negative Korrelation zwischen Saatgutkonzentration in der Reihe und Einkörnung ein.

Die Ausprägung des Ertragsparameters Kornzahl je Ähre ist abhängig von der Anzahl Körner/Ährchen und der Anzahl Spindelstufen/Ähre, wobei die Anlage dieser Parameter bereits während der Bestockungsphase erfolgt (GEISLER, 1983). Eine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung ist in diesem Entwicklungsstadium Vorraussetzung für eine ausgeprägte Ährchendifferenzierungsphase. Nach Ausbildung einer maximalen Anzahl von Ährchenanlagen setzen Reduktionsprozesse ein, die je nach Witterungsein-

fluss und Nährstoffverfügbarkeit (bes. N-Ernährung) unterschiedlich stark ausgebildet sein können. Hiervon sind Bestockungstriebe höherer Ordnung stärker betroffen wie der Haupttrieb, der nach GEISLER (1983) selbst bei limitierenden Nährstoffbedingungen als physiologisch ältester Trieb weniger Reduktionsvorgänge aufzeigt.

Die signifikante Steigerung der Einkörnung von durchschnittlich 24,5 Kö/Äh bei einer Saatstärke von 360 KfK/m<sup>2</sup> auf 34 Kö/Äh bei 120 KfK/m<sup>2</sup> ist demnach auf eine verminderte Ährchen-Reduktion und erhöhte Anzahl Spindelstufen/Ähre zurückzuführen. Entsprechende Beobachtungen bei geringen Bestandesdichten machten HARPER (1946), SCHUHMACHER (1998) sowie RICHTER & DEBRUCK (2001).

Damit bestätigt wird auch die von STOEPLER (1989) aufgeführte negative Korrelation zwischen Bestandesdichte und Kornzahl/Ähre, sowie die signifikante Beeinflussbarkeit der Kornzahl/Ähre im Ökologischen Landbau.

Das Ende der Ertragsbildung ist von der Ausprägung des Merkmals TKM gekennzeichnet. Die Ausbildung der Tausendkornmasse beginnt mit der Befruchtung und endet mit der Druschreife. Hierbei ist die Dauer und Intensität der Assimilatverlagerung aus dem oberen Teil der Weizenpflanze ins Korn von entscheidender Bedeutung (GEISLER, 1983). Entgegen den Beobachtungen von SCHUMACHER (1998) konnte in beiden Versuchsjahren kein signifikanter Einfluss des Faktors Saatstärke auf die Entwicklung der Tausendkornmasse bestimmt werden. Eine entsprechend geringe Reaktion konnten auch DEBRUCK (1972) und SCHENKE (1993) in ihren Untersuchungen feststellen obgleich auch hier, wie bei diesem Versuchs, tendenziell eine Anhebung der Tausendkornmasse bei Verringerung der Aussaatmenge zu verzeichnen war.

Es konnte demnach keine eindeutige Wirkung einer veränderten Aussaatmenge auf die mittlere Kornmasse nachgewiesen werden, wobei jedoch die TKM über vergrößerte Standraumzumessung positiv beeinflussbar scheint. Die Tausendkornmasse ist nach (SCHENKE, 1993) eine Ertragskomponente mit starker genetischer Fixierung und demnach nur in begrenztem Ausmaß über die Anbautechnik beeinflussbar.

Da die Einflussnahme auf die Bestandesdichte aufgrund mangelnder Mineralisationsleistung der Böden im Frühjahr relativ begrenzt ist, wird im ökologischen Landbau ein größeres Interesse auf optimale Wachstumsbedingungen während der Ertragsbildung gelegt. Dem Einzelährenertrag kommt demnach eine

gelegt. Dem Einzelährenertrag kommt demnach eine größere Bedeutung wie im konventionellen Landbau zu.

Die aktuellen Untersuchungsergebnisse (vgl. Tab.1) sind übertragbar auf die Ergebnisse von DEBRUCK (1972) und SCHENKE (1993), welche auch eine Abnahme des Einzelährenertrages bei zunehmender Bestandesdichte feststellten. Dieser Rückgang war entsprechend den auch hier zugrunde liegenden Erkenntnissen auf eine verminderte Einkörnung zurückzuführen.

Die gegenseitige Beeinflussung der Ertragsstrukturmerkmale dieses Versuchs entspricht den Erkenntnissen von STOEPLER (1989), wonach im ökologischen Landbau Bestandesdichte und Anzahl Körner/Ähre sowie TKM negativ korreliert sind. Wohingegen zwischen TKM und Einkörnung, im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft, ein positiver Zusammenhang besteht. Begründet scheint dies in einem Fortbestehen günstiger Wasser- und Nährstoffversorgung in der Kornfüllungsphase, welche schon die Bildung der Kornanlagen positiv beeinflusste. Der Zuwachs des Einzelährenertrages ist demzufolge vornehmlich der höheren Einkörnung zuzuordnen.

### 5.1.2 Kornertrag

Der mittlere Kornertrag des Versuchsjahres 00/01 lag mit 29,6 dt/ha auf einem, für den Versuchsstandort Gladbacher Hof mit durchschnittlich 45 dt/ha Winterweizenertrag (SCHMIDT, 2000), weit unterdurchschnittlichen Niveau. Im zweiten Versuchsjahr hingegen konnte mit 41.2 dt/ha ein übliches Ertragsniveau erreicht werden.

Entgegen der Erwartungen hatte die Verminderung der Aussaatstärke in beiden Untersuchungsjahren keinen signifikanten Ertragsrückgang zur Folge. Der Ertragsausgleich fand in beiden Versuchsjahren fast ausschließlich über zunehmende Bestockungsraten und erhöhte Einkörnung, in den Varianten geringerer Saatstärke, statt. Von gleichen Reaktionen auf geringe Saatstärken berichten RICHTER & DEBRUCK (2001), die auch bei weiten Reihenabständen und analog zurückgenommenen Aussaatmengen entsprechende Ausgleichsleistungen der Weizenpflanzen beobachteten. Aufgrund annähernd gleicher Einkörnung und TKM ist der Ertragsunterschied zum ersten Versuchsjahr in der höheren Bestockungsrate (1,91 ährentragende je Pflanze zu 1,39) und in der da-

mit verbundenen Bestandesdichte (299 Ähren/m<sup>2</sup> zu 213 Ähren/m<sup>2</sup>) zu sehen. Voraussetzung hierfür sind günstige Umweltbedingungen und eine ausreichende N-Verfügbarkeit in der Bestockungs- sowie der Reduktionsphase (GEISLER, 1983) um eine ausreichende Anzahl an Bestockungstrieben bilden und die Reduktionsprozesse minimieren zu können.

BAEUMER (1992) erachtet es als vorteilhaft, bei limitierendem Wasser- und Nährstoffangebot einen weiten Reihenabstand unter Beibehaltung der Saatstärke zu wählen. Damit wird über die intraspezifische Konkurrenz das vegetative Wachstum begrenzt. In der Kornfüllungsphase stehen diese Nährstoffreserven dann noch zur Verfügung. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse scheint der Aufbau einer zwischenpflanzlichen Konkurrenz als nicht notwendig, da selbst bei stark verminderter Saatgutkonzentration keine negative Ertragsreaktion zu beobachten war.

### **5.1.1 Rohproteingehalte**

Im vorliegenden Versuch zeigte sich im ersten Versuchsjahr, bei einem mittleren Rohproteingehalt von 12,4 %, eine signifikante Abhängigkeit der Höhe der Eiweißeinlagerung von der jeweiligen Standraumzumessung. Hierbei konnte eine maximale Differenz im Rohproteingehalt von 0,6 % zugunsten der Varianten niedrigster Saatgutmenge vermerkt werden. Dieses relativ hohe Qualitätsniveau lässt auf eine allgemein ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung in der Phase der Assimilateinlagerung schließen (GEISLER, 1983). RICHTER & DEBRUCK (2001) konnten in ihren Versuchen vergleichbare Ergebnisse erzielen, wonach über weiten Reihenabstand und niedrige Saatgutkonzentration in der Reihe höhere Rohproteingehalte realisierbar sind. Neben der verringerten Konkurrenz spielt auch das erhöhte Nährstoffaneignungsvermögen der Einzelpflanzen, aufgrund eines verbesserten Wurzelsystems, bei vergrößerter Standraumzumessung eine bedeutende Rolle (STOEPLER et al., 1989).

Das zweite Versuchsjahr war von deutlich niedrigeren Rohproteingehalten von durchschnittlich 10,8 % und dem Fehlen einer Hauptwirkung Saatstärke gekennzeichnet. Die Verminderung der Saatstärke von 360 KfK/m<sup>2</sup> auf 280 KfK/m<sup>2</sup> hatte einen nicht signifikanten Rückgang des Rohproteingehaltes von 11,1 % auf 10,7 % zur Folge. Ursache



hierfür könnte die hohe Produktion von Bestockungstrieben und Kornanlagen sein, welche nicht mehr genügend N-Reserven zur Eiweißsynthese übrig ließen (BAEUMER, 1992). Bei Betrachtung beider Versuchsjahre kann eine negative Korrelation zwischen Kornertrag und Rohproteingehalt festgestellt werden, wonach aufgrund der limitierenden Nährstoffbedingungen hohe Erträge nur auf Kosten abfallender Qualitäten zu erreichen sind.

## **5.2 Einfluss unterschiedlicher Sorten auf Ertrag und Qualität**

In diesem Versuch sollte zudem untersucht werden, welche Auswirkungen die Sortenwahl auf den Kornertrag und Rohproteingehalt hat. Die Ausbildung der verschiedenen Ertragsstruktur- und Qualitätsmerkmale der einzelnen Sorten sind neben dem Anbauverfahren wesentlich auf unterschiedlichen Genotypen zurückzuführen.

Die Wahl der geeigneten Sorte entscheidet insbesondere im ökologischen Landbau, über den wirtschaftlichen Erfolg des Landwirtes (POMMER, 2003). So sind Ährentypen für den ökologischen Landbau eher geeignet, da diese den zur Verfügung stehenden Stickstoff vorrangig zum Aufbau der Ährenanlage und weniger für Bestockungstriebe nutzen (HERMANN & PLAKHOLM, 1991). Bestandestypen können aufgrund mangelnder N-Verfügbarkeit im Frühjahr nicht genügend Bestockungstriebe anlegen um ihr Ertragspotential vollständig ausnutzen zu können.

Die Sorte Renan zeigte schon im ersten Versuchsjahr mit ca. 71 % einen 2 % höheren Feldaufgang gegenüber der Sorte Bussard mit ca. 69 %, ohne jedoch signifikant zu sein. Während die Sorte Bussard im Folgejahr eine fast identische Feldaufgangsrate erreichte, konnte die Sorte Renan mit ca. 74,5 % einen deutlich höheren Feldaufgang realisieren. Als Ursache hierfür könnte die höhere, genetisch fixierte, Tausendkornmasse (vgl. Tab.3) der Sorte Renan erachtet werden, die nach PIORR (1990) einen höheren Feldaufgang und eine höhere Vitalität der Pflanzen (FISCHBECK et al., 1982) erwarten lässt. Da Körner mit einer hohen TKM eine höhere Triebkraft (MEER, 1989) aufweisen betrachtet sie BAEUMER (1971) als wirksamen Hebel zur Ertragssteigerung.

In beiden Untersuchungsjahren zeigt sich bzgl. der Anzahl ährentragender Halme ein signifikanter Sorteneffekt. Im Versuchsjahr 00/01 brachte die Sorte Renan aufgrund eines etwas höheren Feldaufganges, sowie einer leicht erhöhten Bestockungsrate (1,46 zu 1,32), mit 229 ährentragende Halme/m<sup>2</sup> ca. 15 % mehr Ähren zur Reife wie die Sorte Bussard mit 198. Eine mangelnde N-Verfügbarkeit im Frühjahr 2001 verhinderte eine für den ökologischen Landbau typische höhere Anlage von Bestockungstrieben (STOEPPLE, 1989). Im zweiten Versuchsjahr wurde bei der Sorte Renan mit 312, wie auch bei der Sorte Bussard mit 287 ährentragende Halme/m<sup>2</sup> eine weit höhere Bestandesdichte realisiert, wobei der Sorteneffekt erhalten blieb.

Da beide Sorten eine identische Bestockungsrate von 1,9 aufwiesen war das deutlich höhere Feldaufgangsniveau der Sorte Renan ausschlaggebend. Die signifikant höhere Bestockung dieses Jahres weist auf eine höhere Stickstoffversorgung im zeitigen Frühjahr hin (BAEUMER, 1992). In beiden Versuchsjahren war somit der prozentuale Feldaufgang Grundlage der relativen Bestandesdichte. Die Auswirkungen auf den Ertragsaufbau werden nachfolgend behandelt.

Die Effekte der Versuchsbehandlung Sorte auf das Prüfmerkmal Einkörnung waren in den beiden Versuchsjahren unterschiedlich stark ausgeprägt. So zeigte sich im ersten Versuchsjahr ein entsprechend der Sortenliste (vgl. Tab. 3) zu erwartender Sorteneffekt, wonach die Sorte Bussard mit 36,6 Körnern/Ähre ein, für den ökologischen Landbau mit ca. 30 (STOEPPLE, 1989), überdurchschnittliches Niveau erreichte.

Nach TRIEBEL (1982) kompensieren Getreidebestände geringe Bestandesdichten besonders über eine höhere Einkörnung. Die signifikant höhere Anzahl Körner/Ähre war vermutlich auf eine verminderte Ährchenreduktion zurückzuführen, welche nach GEISLER (1983) über das N-Angebot gesteuert wird. Die Sorte Renan erreichte mit 22,6 Körnern/Ähre ein erwartungsgemäß niedrigeres Niveau und reagierte in geringerem Maße auf die niedrigere Bestandesdichte. Im zweiten Untersuchungsjahr konnte ein Sorteneffekt nicht mehr belegt werden und beide Sorten wiesen mit ca. 28,5 gleiche Kornzahlen/Ähre auf. Auf die deutlich höhere Bestockung in diesem Jahr, aufgrund verbesserter N-Verfügbarkeit, reagierte die Sorte Bussard mit einer sortengerechten Einkörnung, wohingegen die Sorte Renan auf diese Ernährungssituation in eine erhöhte Anlage Ährchen/Ähre bzw. geringere Reduktionsprozesse umsetzte.

Die Ausbildung der TKM ist vorwiegend vom Genotyp abhängig, wobei eine Beeinflussung über Umweltbedingungen und Nährstoffversorgung möglich ist (SCHUMACHER, 1998). Die Auswirkungen dieses Prüffaktors auf den Kornertrag lassen sich nur unter Zuhilfenahme der Kornzahl je Ähre richtig deuten.

Im Hinblick auf die Entwicklung der Tausendkornmasse der beiden Versuchsjahre, zeigte sich dieses Prüfmerkmal bei der Sorte Bussard genetisch fest verankert und erreichte jeweils ca. 43,4 Gramm. Die Bestandesdichte hatte hier keine Auswirkung auf die Ausprägung der TKM. Die Sorte Renan kompensierte die niedrige Bestandesdichte des ersten Versuchsjahres, entgegen der Sorte Bussard, über eine hohe Tausendkornmasse (ca. 60 Gramm). Im zweiten Jahr verhinderte die hohe Bestandesdichte die Ausbildung einer sehr hohen TKM, da das begrenzte Nährstoff- und Assimilateangebot einer erhöhten Anzahl Körnern gegenüberstand. Da nach EISELE (1992) die Dauer und Intensität des Assimilatestroms den Grad der Merkmalsausprägung TKM bestimmt, könnte die zusätzliche Assimilationsfläche der Sorte Renan, in Form von Begrannung, ebenfalls positiv die Entwicklung der TKM eingewirkt haben.

Nach GEISLER (1983) werden die Assimilate vorwiegend aus dem obersten Pflanzenabschnitt zur Verfügung gestellt, weshalb die Blattgesundheit bzw. Blattflächendauer (EISELE, 1992) von entscheidender Bedeutung für eine hohe TKM ist. Da eine Krankheitsbonitur nur im ersten Versuchsjahr durchgeführt wurde, kann der Einfluss des Krankheitsverlaufes nur auf das erste Versuchsjahr bezogen werden.

Im Versuchsjahr 00/01 gab es signifikante sortenbedingte Befallsunterschiede, wobei die Sorte Bussard schon früh einen Befall mit Braunrost aufwies und die Sorte Renan erst spät einen geringen Septoria-Befall aufzeigte. Eine frühe Infektion führt zu einer schnelleren Seneszenz der Blätter, wodurch Dauer und Intensität des Assimilatestroms merklich beeinträchtigt werden können (EISELE, 1992). Dies führt zu Ertrags- und Qualitätsverlusten. Der geringe und späte Septoria-Befall hatte vermutlich keine negativen Auswirkungen mehr auf den Prüffaktor TKM.

Im Erntejahr 2001 konnte kein Ertragsunterschied zwischen den beiden Sorten beobachtet werden, wobei der mittlere Ertrag bei 29,63 dt/ha lag. Das geringe Ertragsniveau ist begründet in einem unzureichenden Feldaufgang einer unzureichenden Ausbildung Ährentragender Halme. Bei der Sorte Bussard verhinderte zusätzlich der frühe Rostbefall ein höheres Ertragsniveau.

Günstige Witterungsverhältnisse im Frühjahr 2002 ermöglichten eine frühe Mineralisation und somit hinreichende Stickstoffversorgung. Dieser Umstand förderte die Bestockung sowie die Anlage von Ertragsanlagen, wodurch im Erntejahr 2002 mit 41.23 dt/ha ein deutlich höheres Ertragsniveau realisiert werden konnte. Dabei zeigte sich ein signifikanter Sortenunterschied, wobei die Sorte Renan eine Ertragsüberlegenheit von 12 dt/ha gegenüber der Sorte Bussard aufzeigte. Diese Differenz begründet sich in einem höheren Feldaufgang und damit verbundener höheren Bestandesdicht, sowie einem höheren Einzelährenertrag der Sorte Renan. Ertragsmindernd auf die Sorte Bussard könnte sich auch hier wieder, bei Übertragung des vorjährigen Krankheitsverlaufes, ein früher Pathogenbesatz ausgewirkt haben.

Im Hinblick auf das erzielte Qualitätsniveau der untersuchten Sorten, war in beiden Erntejahren ein signifikanter Sorteneffekt zu beobachten. Die Sorte Renan erzielte im ersten Versuchsjahr mit 14,2 % einen sehr hohen Rohproteingehalt, wohingegen die Sorte Bussard 10,6 % nicht zu überschreiten vermochte. Die frühe Braunrost-Infektion könnte hier zu einer Verminderung bzw. Unterbrechung des Assimilatestroms aus dem oberen Pflanzenbereich ins Korn verursacht haben. Nach EISELE (1992) kann selbst eine späte Infektion mit Braunrost zur Milchreife noch erhebliche Ertrags- und Qualitätseinbrüche zur Folge haben. Die Sorte Renan hatte aufgrund geringeren Pathogenbesatzes sowie vergrößerter Assimilationsfläche über die Grannen, eine gesteigerte und längere Kornfüllungsphase und nutzte so den erst spät zur Verfügung stehenden Stickstoff zur Eiweißsynthese.

Im zweiten Versuchsjahr erreichte die Sorte Renan nur noch 11,2 % Rohprotein und die Sorte Bussard kam auf 10,4 %. Legt man auch hier einen dem Vorjahr entsprechenden Infektionsdruck zugrunde, erklärt dies das niedrige Qualitätsniveau der Sorte Bussard. Die Sorte Renan zeigte das im ökologischen Landbau verbreitete Verhalten auf hohe Erträge, wonach Kornertrag und Rohproteingehalt aufgrund des begrenzten N-Angebotes negativ korreliert sind.

### 5.3 Schlussfolgerung

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Versuchsjahre 00/01 und 02/02 zeigten deutlich, dass eine Verringerung der Saatstärke und eine geeignete Sortenwahl wesentlich zu einer Optimierung des Anbausystems „Weite Reihe“ beitragen kann. Im Mittel der Jahre und Sorten konnte kein signifikanter Einfluss der Aussaatstärke auf die Höhe des Kornertrages ermittelt werden. Dies spricht für ein hohes Kompensationsvermögen des Winterweizens im Hinblick auf die Ertragsbildung.

Die Bestände reagierten auf die geringeren Pflanzendichten mit einer Zunahme des Einzelährenenertrages und vermehrter Ausbildung ährentragender Halme je Pflanze. Die differenzierte Aussaatstärke führte im Mittel der Sorten zu deutlich bzw. tendenziell höheren Rohproteingehalten und unterstützt somit das Bestreben einer Qualitätsverbesserung über den „Weite Reihe“ Anbau. Die Reduzierung der Aussaatstärke auf 33,3 % der ortsüblichen Aussaatmenge verursachte keine Ertrags- bzw. Qualitätsminderungen und ermöglichte demgemäß eine Verringerung des Saatgutaufwandes.

In dieser Versuchsreihe wurde auch deutlich welchen Einfluss eine nicht standortangepasste Sortenwahl auf den Kornertrag und die Qualität ausübt. So konnte die E-Weizensorte Bussard auf diesem Standort, in Folge eines starken Braunrostbefalles, in beiden Versuchsjahren keine befriedigenden Erträge und Qualitäten liefern. Dem entgegen erzielte die A-Weizensorte Renan im ertragsschwachen ersten Versuchsjahr sehr hohe Rohproteingehalte und im ertragsstarken zweiten Versuchsjahr überdurchschnittliche Körnerträge bei mittlerer Qualität.

Als wichtigstes Auswahlkriterium der Sorte sollte neben einer der Anbautechnik angepassten Ertragsstruktur vor allem die Resistenz gegen Blattkrankheiten sein. Ein hoher Einzelährenenertrag ist nur möglich, wenn die Weizensorte eine ausreichende Resistenz gegen standortspezifische Pathogene aufweist.

## 6 Zusammenfassung

In diesen Feldversuchen wurde unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus untersucht, welchen Einfluss unterschiedliche Aussaatstärken und Sorten auf den Ertrag und Rohproteingehalt von Winterweizen bei einem Reihenabstand von 50 cm hatten.

Die im Versuchsjahr 00/01 und Versuchsjahr 01/02 durchgeführten Feldversuche auf dem Gladbacher Hof, Lehr- und Versuchsbetrieb für Ökologischen Landbau der Universität Giessen ergaben folgende Ergebnisse:

1. Im Mittel über die Jahre und Sorten war kein Einfluss unterschiedlicher Saatstärken auf den Kornertrag nachweisbar. Selbst eine Verringerung der Saatgutmenge auf 33,3 % der üblichen Saatstärke hatte keine Ertragsrückgänge zur Folge.
2. Die Verringerung der Saatgutkonzentration in der Reihe führte zu einer hohen Kompensationsleistung der Weizenbestände. Eine abnehmende Pflanzendichte bewirkte eine signifikante Zunahme der Ertragskomponente Körner/Ähre und tendenziell der TKM. Ebenso wurde eine Erhöhung der Anzahl ährentragender Halme je Pflanze festgestellt.
3. Verringerte Saatstärken bewirkten im Mittel der Sorten, vornehmlich im ersten Versuchsjahr, eine signifikante Erhöhung des Rohproteingehaltes. Über beide Jahre zeigte sich, dass zwischen Ertrag und Rohproteingehalt ein negativer Zusammenhang besteht.
4. Die Untersuchungen zeigten tendenziell kaum sortenbedingte Unterschiede in der Ausprägung der einzelnen Prüfmerkmale, wobei der Braunrostbefall der Sorte Bussard die Aussagekraft dieser Ergebnisse beeinträchtigt.
5. Die Sorte Renan war gegenüber der Sorte Bussard in den beiden Versuchsjahren hinsichtlich Resistenz gegen standortbedingte Pathogene die für den Standort Gladbacher Hof günstigere Sorte.

## 7 Literaturverzeichnis

- ALVERMANN, G. (1996): Das Weitreihenverfahren - Erfahrungen in Schleswig-Holstein. bio-land, 3/96, S.14
- AUFHAMMER, W. (1999): Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ulmer, Stuttgart, 310 S.
- AUFHAMMER, G. und G. FISCHBECK (1973): Getreide-Produktionstechnik und Verwertung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main S. 46-52
- BACHTHALER, G. (1971): Der Einfluss von Drillweite und Saatstärke auf Ertrag und Qualität von Winterweizen unter verschiedenen ökologischen Bedingungen. Z. F. Acker- u. Pfl.bau 134, S.25,41
- BAEUMER, K. (1964): Konkurrenz in Pflanzenbeständen als Problem der Pflanzenbauforschung. Sonderdruck aus - Forschung und Beratung – Reihe B, Heft 10, S.99-123
- BAEUMER, K. (1971): Allgemeiner Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart, 264 S.
- BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage, Ulmer Stuttgart
- BECKER, K. und G. LEITHOLD (2001): Praxiseinführung des Anbaukonzeptes Weite Reihe unter besonderer Berücksichtigung des Qualitätsaspektes bei Backweizen. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising-Weihenstephan, Dr. Köster Verlag, S. 429-432
- BOGUSLAWSKI, E. und J. DEBRUCK (1972): Saatstärken und Standweiten im modernen Getreidebau. DLG- Mitt. 87, S.419-421
- BUCHNER, W. und K. KOELLER (1984): Bodenerosion auch im Rheinland. Pflanzenbauliche und technische Maßnahmen schaffen Abhilfe. Mais 2, S.36-38
- BURITY, H.A., M.A. FARIS, M.C. TA and B. COULMAN (1989): Fixation and transfer of nitrogen from legumes to grasses under mixed culture conditions. Plant and Soil 114, S. 249-255
- CENSKOWSKY, U. (1989): Winterweizenanbau in der Praxis des Organischen Landbaus in NRW – Untersuchungen zu Saatgutqualität, Standorteinfluss und Anbauverfahren. Diplomarbeit, Institut für Organischen Landbau, Bonn
- DEBRUCK, J. (1972): Moderne Saattechnik im Getreidebau. Kali-Briefe, Fachgeb. 3, 2. Folge, S.1-14
- DONALD, D.M. (1951): Competition among pasture plants. I. Intraspezifische competition among annual pasture plants. Australian Journal Agric. Research 2, S. 355-375

- DORNBUSCH, C. (1989): Interspezifische Konkurrenz bei Winterweizen: Abhängigkeit von Sorte, Saattermin und organischen Düngung. Diplomarbeit, Institut für Organischen Landbau, Bonn
- DRESSMANN, S. und U. KÖPKE (1991): Vorfruchteffekte einiger Leguminosen-Grünbrachen zu Senf und Zuckerrüben. 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 45-48, Braunschweig. Mitt. d. Ges. f. Pflanzenbauwiss. 4, S. 45-48
- DRESSMANN, S (1993): Pflanzenbauliche Untersuchungen zu Rotklee- und Luzerne-gras Grünbrachen in der modifizierten Fruchtfolge Zuckerrüben-Winterweizen-Wintergerste. Diplomarbeit, Institut für Organischen Landbau, Bonn
- EBERT, ULRICH (1995): Anbau von Winterweizen. Ökoring Beratungsordner, Walsrode
- EISELE, J.A. (1992): Sortenwahl bei Winterweizen im Organischen Landbau unter Besonderer Berücksichtigung der morphologisch bedingten Konkurrenzskraft gegenüber Unkräutern. Diss. Uni Bonn.
- FISCHBECK, G., K.U. HEYLAND und N. KNAUER (1982): Spezieller Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart, 394 Seiten
- FRANZMANN, A. (1997): Weite Reihe a la Stute zur Erzeugung von Qualitätsweizen. Ökoring Beratungsordner, Walsrode
- FURRER, O.J. (1965): Einfluss der Drillweite, Saatmenge und Hacken auf Entwicklung und Ertrag von „Probus“-Winterweizen. Schweiz. Landw. Forschung 4, S. 92-104
- GEISLER, G.(1983): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Paul Parey Verlag Berlin und Hamburg, 205 Seiten
- GEISLER, G. (1988): Pflanzenbau Ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. 2. Auflage, Paul Parey Verlag Berlin und Hamburg, 530 Seiten
- GERMEIER, C. (1997): Erste Erfahrungen mit Weitreihenverfahren für Winterweizen mit Leguminosen- und Kräuterbeisaaten, in KÖPKE, U. & EISELE, J.A. (Hrsg): Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn. Schriftenr. Inst. für Organischen Landbau, S.208-294
- GRUBER, H. (2002): Backqualitäten von Winterweizen im ökologischen Landbau. Jahresbericht, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
- GUEST, S.J., A.M. SAMUEL and W.P. DAVIES (1990): Establishment diseases and yield of organically-grown wheat. British crop protection council Mono. 45, Organic and low input agriculture, S. 223-226



- HAKANSSON, S. (1984): Row spacing, seed distribution in the row, amount of weeds-influence on production in stands of cereals, Weeds and weed control, 25th weed conference, Uppsala, S.17-34
- HAKANSSON, S. (1986): Competition between crop and weeds – Influencing factors, experimental methods and research needs. Proc. EWRS Symposium Hohenheim 1986, Economic Weed Control, S.49-60
- HARPER, H.J. 1946: Effect of row spacing on the yield of small grain nurse crops. Journal of the American Society of Agronomy 38, 785-794
- HEEGE, H. (1978): Getreidebestellung aktuell, 2. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main
- HERRMANN, G und G. PLAKOLM (1991): Ökologischer Landbau. Österr. Agrarverlag Wien
- HEß, J. (1989): Klee grasumbruch im Organischen Landbau: Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Klee gras-Klee gras-Weizen-Roggen. Diss. Uni Bonn
- HEUSER, W. (1954): Untersuchungen über die Höhe und Struktur des Ertrages beim Wintergetreide unter dem Einfluss verschiedener Drillweiten. Z. F. Acker- u. Pfl.bau 98, S. 25.52
- HEUSER, W. und H. WESTPHAL (1936): Drillweite, Lichtschacht- und Hackversuche zu Getreide. Mitt. f. d. Landwirtschaft 8, S. 157-159
- HEYLAND, K.-U. und H. MERKELBACH (1991): Die Möglichkeit des Einsatzes von Untersaaten zur Unkrautunterdrückung sowie von Unkraut und Untersaat auf die Ertragsbildung des Winterweizens. Inst. f. Pfl.bau, Uni Bonn
- HOCHMANN, J. (1996): Winterweizen-Reihenabstandsversuch (System Stute), Versuchsbericht Ökologischer Landbau 1996 Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, LVAL Futterkamp, 14
- HOCHMANN, J. (1998): Winterweizen-Reihenabstandsversuch (System Stute). Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein: Versuchsbericht Ökologischer Landbau 1997
- HOCHMANN, J. (1999): Winterweizen-Reihenabstandsversuch (System Stute). Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein: Versuchsbericht Ökologischer Landbau 1999
- HOFFMANN, A. und J. RICHTER (1988): 10 Jahre  $N_{min}$ -Methode in Südostniedersachsen, Erfolge, Erfahrungen, Grenzen. Kali-Briefe, 19, S. 277-296
- HUBER, R. (1988): Biologische N-Fixierung der Ackerbohnen und deren Auswirkungen auf den N-Haushalt des Bodens im Rahmen getreidebetonter Fruchtfolgen. Diss. ETH Zürich

- JESSEN, J. (1997): Weite Reihen finden Anhänger. *bio-land* 5/97
- KESSEL v., W.L. (1983): Probleme der Erosionsminderung auf schweren Böden. *Die Zuckerrübe* 4, S. 65
- KLAPP, R. (1967): Experimentelle Soziologie und gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen. 2. Aufl., Ulmer Verlag Stuttgart
- KOCHS, H.J. (1989): Was die Saattechnik noch leisten könnte. *DLG-Mitt.* 104, S. 838-839
- KRATZSCH, G. (1972): Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Ertragsstruktur. *Tag.Ber.Akad.Ldw.Wiss.* 119, S. 295-301
- KUNELIUS, H.T., JOHNSTON, H.W. and J.A. MAC LEOD (1992): Effect of under sowing barley with Italian ryegrass or red clover on yield, crop composition and root biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 38, S. 127-137
- LUETKE ENTRUP, N (1986): Feldfutter und Zwischenfruchtbau. In: *Oehmichen Pflanzenproduktion Bd. 2*, Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, S 508-565
- MEER, M.E. (1989): Zur Bedeutung der Saatgutqualität des Weizens für die Sicherheit des Feldaufgangs und die Kompensation von Stressfaktoren an Samen und Keimlingen unter dem Einfluss unterschiedlicher Nähr- und Wirkstoffapplikation. *Diss. agr.*, Bonn
- MERKELBACH, H. (1990): Die Möglichkeiten des Einsatzes von Untersaaten zur Unkrautunterdrückung sowie Konkurrenzwirkungen von Unkraut und Untersaat auf die Ertragsbildung des Winterweizens. *Diss. Uni. Bonn*
- MUELLE, G. und HEEGE, H.J. (1981): Kornverteilung über die Fläche und Ertrag bei Getreide. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, Verlag Paul Parey 150, S. 97-112
- PIORR, H.P. (1990): Einfluss der Saatgutqualität für die Optimierung des Getreideanbaus im Organischen Landbau. *Mitt. d. Ges. f. Pflanzenbauwiss.* 3, S. 245-248
- PIORR, H.P. (1991): Bedeutung und Kontrolle saatgutübertragender Schaderreger an Winterweizen im Organischen Landbau. *Diss. agr. Bonn*
- POMMER, G. (2003): Auswirkungen von Saatstärke, weiter Reihe und Sortenwahl auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen. *Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau*, Wien, Institut für Bodenkultur
- POPSEL, G. (1990): Winterweizenanbau in organisch-wirtschaftenden Betrieben Nordrhein-Westfalens: Analyse ertragsbeeinflussender Faktoren. *Diplomarbeit*, Institut für Organischen Landbau, Bonn
- PREUSCHEN, G. (1991): Ackerbaulehre nach ökologischen Gesetzen. *Stiftung Ökologie und Landbau* 75, Verlag C.F. Müller 366

- RADEMACHER, B. (1939): Die Stickstoffdüngung als spezielles Mittel zur Bekämpfung der Unkrautwicken im Getreide. Pflanzenbau 16, S. 182-201
- REINER, L. (1992): Weizen aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- RICHTER, S. (1999): Reihenweiten bei Winterweizen auf Ertrag und Qualität. Jahresbericht Landesversuchsanstalt Bernburg
- RICHTER, S. und J. DEBRUCK (1999): Größere Reihenweiten, gleicher Ertrag. Bauernzeitung 45, S.18-19
- RICHTER, S. und J. DEBRUCK (2001): Einfluss der Reihenweite auf Ertrag und Qualität von Winterweizen. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Verlag Dr. Köster
- SATTLER, F und E. v. WISTINGHAUSEN (1985): Der landwirtschaftliche Betrieb- Biologisch-dynamisch. Ulmer, Stuttgart, 333 S.
- SCHEER, M. (1983): Die Saat als Mittel zur Optimierung inner- und zwischenpflanzlicher Konkurrenzverhältnisse bei Winterweizen und Möglichkeiten der Regulation durch Pflanzenschutz und N- Düngung. Diss. agr. Inst. f. Pflanzenbau, Bonn
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL (1989): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag, Stuttgart
- SCHENKE, H.(1993): Anbautechnik von Winterweizen im Organischen Landbau: Unkrautaukommen und Ertragsbildung in Abhängigkeit von mechanischer Unkrautregulierung, Saatgutqualität, Standraumzumessung und organischer Düngung. Diss. agr. Universität Bonn
- SCHLICHTING, K.-P. (1980): Vergleichende wachstumsanalytische Untersuchungen Zum intra- und interspezifischen Konkurrenzverhalten von Sommerweizen, Ackerseuf und Flughafer in Abhängigkeit von Bodenzusammensetzungen, Wasser-, N-, und Standraumangebot. Diss. agr. Univ. Kiel
- SCHMIDT, H. (2000): persönliche Mitteilung. Institut für organischen Landbau, Uni Giessen.
- SCHOENBERGER, H.J. (1988): Getreideanbau für Profis. top agrar extra. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup, 90 Seiten
- SCHUMACHER, C. (1998): Diplomarbeit zur Weiten Reihe. Uni Göttingen
- SCHULZ-MARQUARDT, J., M. WEBER und U. KOEPKE (1995): Streifenanbau von Sommerweizen mit Futterleguminosen – Nutzung von Grünbrachemulch zur Steigerung der Backqualität von Sommerweizen im Organischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 8, S. 57-60

- SIEBENEICHER, G.E.(1993): Handbuch für den biologischen Landbau. Naturbuch-Verlag, Augsburg
- SOELLINGER, J und G. PLAKOLM (2001): Untersuchung des Einflusses von Reihenweite, Untersaat und Düngung auf Ertrag und Backqualität von Winterweizen unter den Bedingungen des Biologischen Landbaus.  
<http://www.agrobio.bmlf.gv.at/deutsch/info/forsch01/013196.htm>.Stand 10.9.2002
- STOEPPLER, H. (1988): Zur Eignung von Winterweizensorten hinsichtlich des Anbaus Und der Qualität der Produkte in einem System mit geringer Betriebsmittelzufuhr von außen. Diss. agr. Univ. Gesamthochschule Kassel
- STOEPPLER, H. (1989): Weizen im Ökologischen Landbau. KTBL -Arbeitspapier 138
- STOEPPLER, H., KÖLSCH, E. und H.VOGTMANN (1989): Wurzelsystem, Biomasseproduktion, Bestockung und Ertragsbildung von vier Winterweizensorten In einem System mit geringer Betriebsmittelzufuhr von außen. J. Agronomy and Crop Science 166, S. 24-39
- STOEPPLER, H., KÖLSCH, E. und H. VOGTMANN (1990): Zum Einfluss von Saat -zeiten, Saatstärken und Sorten auf agronomische Merkmale von Winterweizen in einem System mit geringer Betriebsmittelzufuhr von außen. Z. Acker- und Pflanzenbau, Verlag Paul Parey 165
- STUTE, J. (1996): Erlaubt ist, was dem Boden nützt. bio-land 3/96, S. 12-14
- TRIEBEL, U. (1982): Zur Frage der Quantifizierung der Einflusses verschiedener anbautechnischer Maßnahmen auf die Ertragsstrukturkomponenten von Winterweizen unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffdüngung. Diss. agr. Inst. f. Pfl.bau, Bonn
- VOLLMER, F.-J. (1986): Halm- und Körnerfrüchte/Weizen. In: Oehmichen Pflanzenproduktion Bd.2, Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, S. 224-278
- WERNER, A. (1986): Die Nutzung zwischenpflanzlicher Konkurrenz in Form von Mischkultursystemen zur biologischen Unkrautbekämpfung in Mais und der Einfluss der Beipflanzen auf die Ertragsbildung der Kulturpflanze. Diss. agr. Inst. f. Pfl.bau, Bonn
- WOLLNY, E. (1885): Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Paul Parey Verlag, Berlin

## 8 Anhang

Zum Vergleich aller Varianten wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Signifikante Mittelwertdifferenzen wurden mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet.

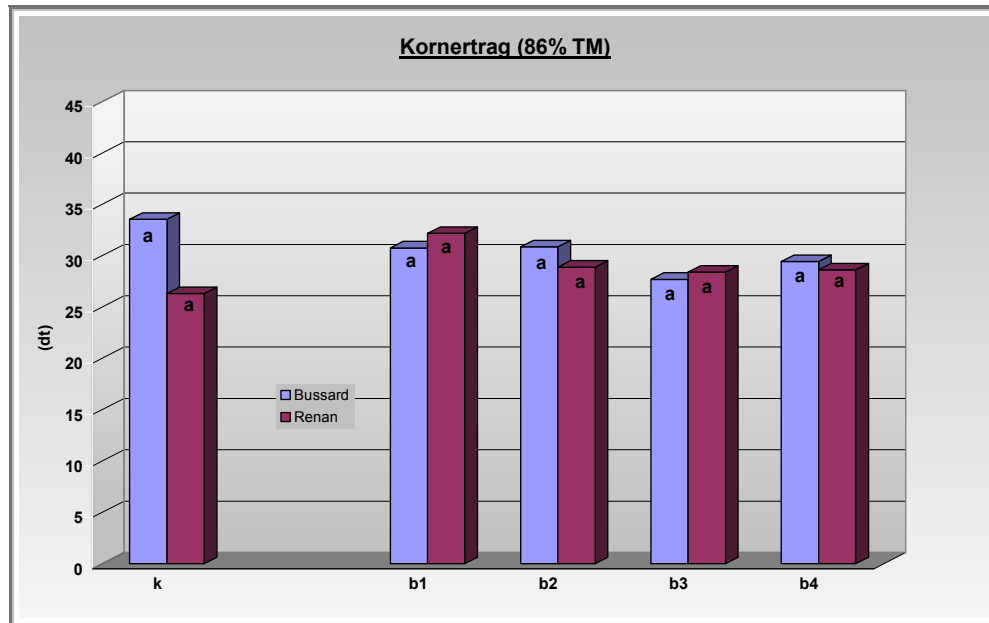


Abb. 1: Kornertrag 86% TM des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

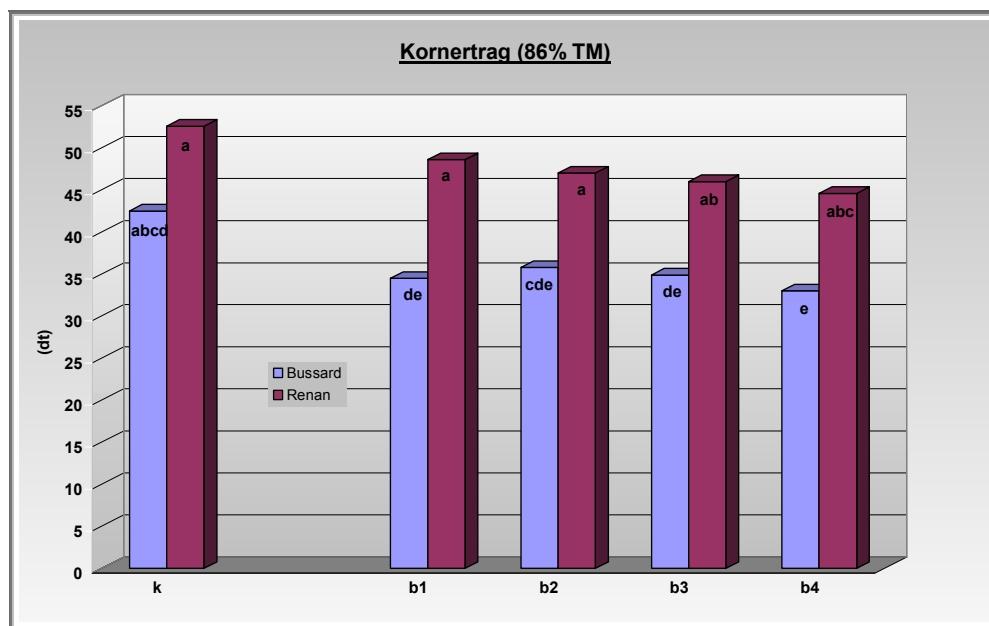


Abb. 2: Kornertrag 86% TM des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

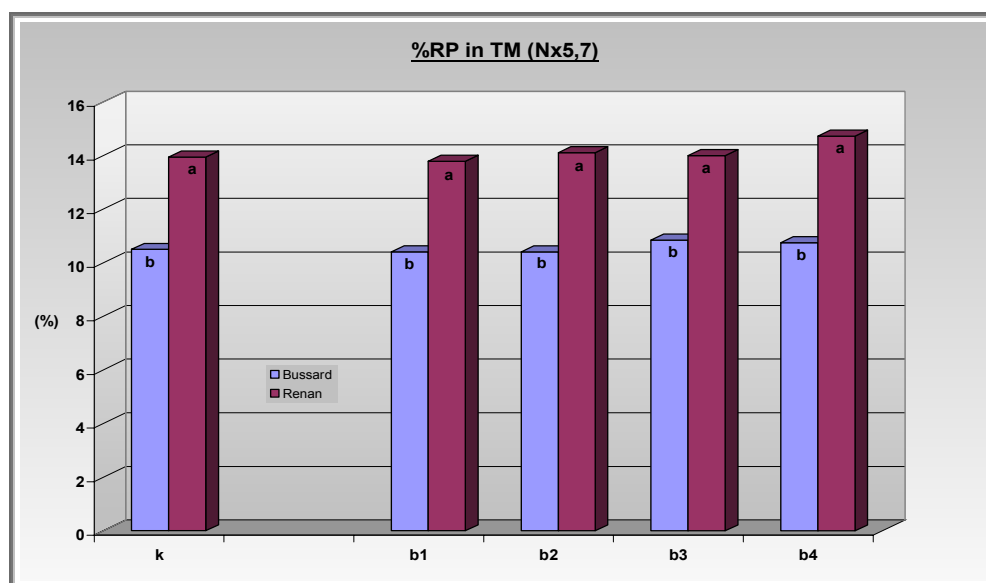


Abb. 3: Rohproteingehalt (%) des Erntejahres 2001 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

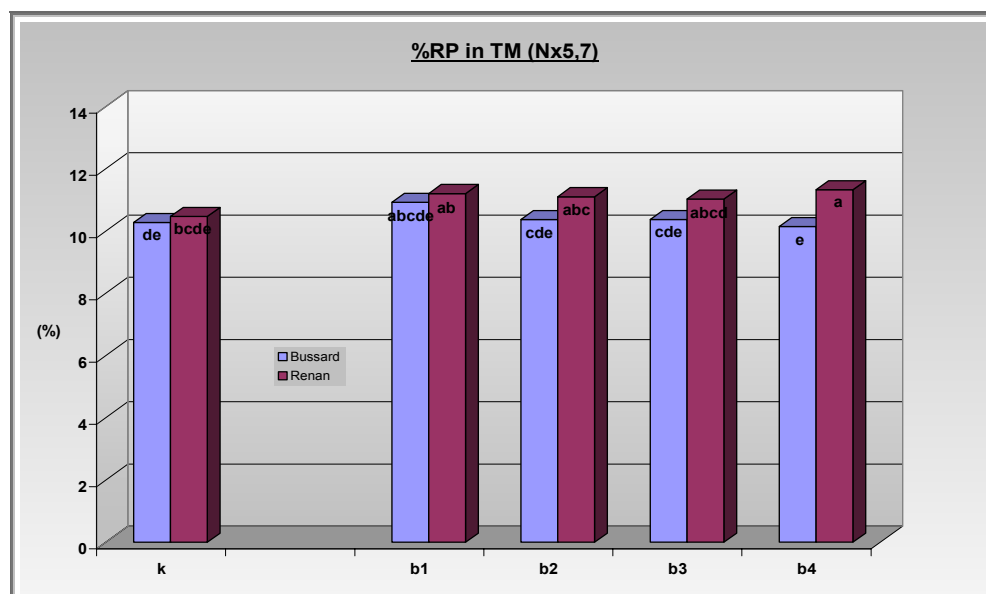


Abb. 4: Rohproteingehalt (%) des Erntejahres 2002 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Tab. 1: TKM in (g) der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Variante	2001				2002			
	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat
k	44,6	<i>c</i>	55,8	<i>b</i>	43,5	<i>b</i>	50,8	<i>a</i>
b1	43,2	<i>c</i>	58,5	<i>ab</i>	42,8	<i>b</i>	51,7	<i>a</i>
b2	43,5	<i>c</i>	59,3	<i>a</i>	43,6	<i>b</i>	53,1	<i>a</i>
b3	42,7	<i>c</i>	59,7	<i>a</i>	43,7	<i>b</i>	53,9	<i>a</i>
b4	43,1	<i>c</i>	60,9	<i>a</i>	44,5	<i>b</i>	53,9	<i>a</i>

Tab. 2: : Anzahl Körner pro Ähre der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Variante	2001				2002			
	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat
k	31,5	<i>bcd</i>	19,0	<i>g</i>	29,8	<i>abc</i>	26,8	<i>cde</i>
b1	30,6	<i>cde</i>	18,9	<i>g</i>	23,5	<i>e</i>	24,2	<i>de</i>
b2	35,1	<i>bc</i>	21,4	<i>fg</i>	27,3	<i>bcde</i>	25,8	<i>cde</i>
b3	37,6	<i>ab</i>	24,7	<i>efg</i>	29,3	<i>abcd</i>	31,2	<i>abc</i>
b4	43,3	<i>a</i>	25,5	<i>def</i>	32,7	<i>ab</i>	34,4	<i>a</i>

Tab. 3: Einzelährenertrag (g) der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Variante	2001				2002			
	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat
k	1,35	<i>bcd</i>	1,07	<i>d</i>	1,30	<i>cd</i>	1,36	<i>c</i>
b1	1,27	<i>bcd</i>	1,07	<i>d</i>	1,01	<i>d</i>	1,25	<i>cd</i>
b2	1,47	<i>bc</i>	1,24	<i>cd</i>	1,19	<i>cd</i>	1,37	<i>c</i>
b3	1,56	<i>abc</i>	1,44	<i>bc</i>	1,28	<i>cd</i>	1,68	<i>ab</i>
b4	1,80	<i>a</i>	1,58	<i>ab</i>	1,46	<i>bc</i>	1,83	<i>a</i>

Tab. 4: Bestandesdichte des Weizens der Erntejahre 2001 und 2002 in Abhängigkeit von der Variante. Verschiedenen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten; (Tukey-Test;  $p \leq 0,05$ )

Variante	2001				2002			
	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat	Bussard	HW Saat	Renan	HW Saat
k	248,0	<i>ab</i>	249,5	<i>ab</i>	331,0	<i>ab</i>	386,5	<i>a</i>
b1	242,2	<i>abc</i>	300,3	<i>a</i>	343,0	<i>ab</i>	388,3	<i>a</i>
b2	210,0	<i>bcde</i>	237,7	<i>bcd</i>	302,7	<i>bc</i>	342,7	<i>ab</i>
b3	178,0	<i>de</i>	198,8	<i>bcde</i>	276,2	<i>bcd</i>	273,5	<i>bcd</i>
b4	162,3	<i>e</i>	182,5	<i>cde</i>	226,0	<i>d</i>	243,0	<i>cd</i>